N° 14 31 OCTOBRE 1937

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : L. OLIVIER (1890-1910).
DIRECTEURS : J.-P. LANGLOIS (1910-1923), L. MANGIN (1924-1937).

DIRECTEUR :
R. ANTHONY, Professeur au Muséum national d'Histoire Naturelle.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Docteur Gaston DOIN, 8, place de l'Odéon, Paris.
La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Un prochain cinquantenaire. Comment le cinématographe est né de la physiologie.

Dans moins d'un an aura lieu le cinquantenaire d'une des plus grandes découvertes de Marey : le Cinématographe. C'est en effet le 29 octobre 1888 qu'il présentait à l'Académie des Sciences son premier film sur papier sensible, obtenu à la cadence de vingt images par seconde.

Ceci et les lignes qui vont suivre n'apprendront rien aux lecteurs de la *Revue générale des Sciences* qui possèdent le numéro du 15 novembre 1891. Ce numéro est, en effet, à peu près exclusivement consacré à reproduire les conférences faites par Marey au Collège de France au mois de juillet de la même année. Dans cet article, abondamment illustré, il a décrit tous les organes de l'appareil qu'il avait inventé, le livrant ainsi au domaine public, aux constructeurs et aux industriels. Quatre ans plus tard, on assistait aux premières projections publiques dans le sous-sol d'un café de Paris.

Dominées par des nécessités de rendement commercial, les premières années de la vie publique du Cinématographe furent exclusivement consacrées à l'amusement de la foule. Il reprit ensuite, peu à peu, sa route vers les grands destins pour lesquels Marey l'avait créé; il est aujourd'hui l'auxiliaire indispensable de la recherche scientifique et de l'enseignement, acquérant une importance comparable à celle de l'imprimerie.

LE POINT DE DÉPART DE L'ŒUVRE DE MAREY

La pensée qui anima toute la carrière de Marey est bien définie dans son introduction à « La Méthode Graphique ».

« *La science a devant elle deux obstacles qui* « *entravent sa marche: c'est d'abord l'insuffisance* « *de nos sens pour découvrir les vérités, et puis* « *l'insuffisance du langage pour exprimer et pour* « *transmettre celles que nous avons acquises.* »

Cette constatation de l'insuffisance de nos sens pour observer les mouvements trop rapides ou trop lents conduisit Marey à inventer tout d'abord de multiples appareils d'enregistrement automatique. Il chercha ce que nous appelons aujourd'hui le *Ralenti* et l'*Accéléré*:

« *Quand l'œil cesse de voir, l'oreille d'entendre et* « *le tact de sentir, ou bien quand nos sens nous* « *donnent de trompeuses apparences, ces appareils* « *sont comme des sens nouveaux d'une précision* « *étonnante.* »

(La Méthode Graphique, p. 108, § 3.)

CE QU'EST LE CINÉMATOGRAPHE

Le principe du Cinématographe consiste dans le fait de faire passer par saccades au moyen d'un mécanisme approprié une bande sensible au foyer d'un objectif photographique pendant qu'un obturateur découvre cet objectif à chacun des arrêts; l'appareil doit pouvoir prendre au moins vingt instantanés par seconde.

L'opération serait absolument impossible si la bande était tendue d'une bobine à l'autre comme dans nos appareils photographiques usuels. Du fait de l'inertie, ces bobines ne pourraient se remettre ins-

tantanément en marche après chaque arrêt; le film serait rompu dès les premières prises de vues; c'est pourquoi Marey laisse le film flottant et règle la marche des bobines de manière à maintenir toujours une « boucle », suivant l'expression consacrée dans la pratique actuelle du Cinématographe; c'est seulement cette boucle qui est manœuvrée par saccades.

LES ÉTAPES

I. — *L'Obturateur.*

Le premier effet à obtenir était de faire « clignoter » l'objectif au moyen d'un obturateur approprié.

Dans les Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, nous lisons à la date du 7 août 1882 dans une communication de Marey :

« *Il faut à des intervalles connus, égaux entre* « *eux et aussi courts que possibles, produire des* « *intermittences dans l'arrivée de la lumière à* « *l'intérieur de l'appareil photographique.* »

« *Pour obtenir ces intermittences, je fais tourner,* « *devant l'objectif, au moyen d'un rouage uni-* « *forme, une roue qui fait dix tours par seconde.* « *Cette roue porte dix rayons dont chacun, à son* « *passage, interrompt l'éclairage. Ces éclipses se* « *reproduisent donc cent fois par seconde.* »

Comme on le voit, Marey employait au début une plaque fixe sur laquelle il obtenait de nombreux instantanés d'un sujet se déplaçant rapidement.

II et III. — *L'objectif unique et le déplacement de la surface sensible.*

Mais il ne tarda pas à se rendre compte que la plaque fixe ne peut convenir pour les mouvements sur place et qu'on doit cependant n'employer qu'un seul objectif.

Dans sa communication du 15 octobre 1888 à l'Académie des Sciences, il s'exprime ainsi :

« *Mais si l'objet est animé d'une translation trop* « *lente ou s'il exécute des mouvements sur place,* « *les images sont imparfaitement séparées ou même* « *se superposent complètement.* »

« *Etant admise la nécessité de prendre, d'un* « *point toujours le même, la série des images suc-* « *cessives d'un objet qui ne change pas de place,* « *il n'y a que deux moyens d'en empêcher la* « *superposition. L'un consiste à déplacer la surface* « *sensible, afin que des points différents de cette* « *surface se présentent successivement pour rece-* « *voir les images de l'objet.* »

IV. — *Le Film.*

Or, une plaque de verre est à la fois trop lourde et trop fragile pour être déplacée vingt fois par seconde.

Dans sa communication du 29 octobre 1888, Marey nous expose le procédé qu'il adopta :

« *Pour compléter les recherches dont j'ai entre-* « *tenu l'Académie dans les dernières séances, j'ai* « *l'honneur de lui présenter aujourd'hui une bande* « *de papier sensible sur laquelle une série d'images* « *a été obtenue, à raison de vingt images par* « *seconde. L'appareil que j'ai construit à cet effet* « *déroule une bande de papier sensible avec une* « *vitesse qui peut atteindre 1 m. 60 par seconde.* »

V. — *Le déroulement par saccades.*

Au cours de ses premières expériences, Marey s'aperçut que s'il voulait obtenir des images nettes, la surface sensible ne devait pas se dérouler d'une manière continue comme la bande de papier de ses appareils enregistreurs. Il pose le principe de la nécessité des arrêts auquel aucun constructeur n'a pu se soustraire jusqu'ici.

« *Si l'on prend les images pendant que le papier* « *se déroule, on n'obtient aucune netteté; on peut* « *seulement apprécier les changements d'attitude* « *du sujet en expérience. Mais si, au moyen* « *d'un dispositif spécial, basé sur l'emploi d'un* « *électro-aimant, on arrête le papier pendant la* « *durée de l'éclairement, 1/5.000 de seconde, les* « *images prennent toute la netteté désirable.* »

(*C. R. Acad. des Sc.*, 29 octobre 1888.)

VI. — *La juxtaposition des images, caractère nécessaire du film pour projections.*

Il est un point peu remarqué dans les textes de Marey et qui pourtant a une importance considérable : à l'alinéa 4 de sa communication du 3 novembre 1890, il pose le principe de la nécessité d'une juxtaposition rigoureuse des images et la définit ainsi :

« *Dans la disposition nouvelle, tous les mouve-* « *ments sont réglés de façon que la pellicule* « *sensible progresse, dans l'intervalle de deux ima-* « *ges, d'une longueur précisément égale à celle de* « *l'image elle-même.* »

L'existence d'une marge de grandeur quelconque entre chaque épreuve n'eut présenté aucun inconvénient, si Marey n'avait eu en vue que d'étudier successivement chacune d'elles, mais devenait par contre un obstacle à la reconstitution synthétique du mouvement.

Or, c'est bien cette synthèse du mouvement qu'il recherchait comme l'indiquent les lignes qui terminent cette importante communication.

« *Les épreuves chronophotographiques, plus ou* « *moins agrandies suivant le besoin, se prêtent très* « *bien à l'emploi du zootrope et reproduisent avec* « *toutes ses phases le mouvement analysé. En* « *variant le nombre des images et la vitesse de* « *rotation de l'appareil, on peut, si cela est néces-* « *saire, augmenter ou diminuer la vitesse apparente* « *du mouvement pour en rendre les caractères* « *plus faciles à saisir.* »

Par cette juxtaposition des images, Marey se trouve donc en possession de l'appareil lui permettant de réaliser pour la première fois le Ralenti et l'Accéléré.

VII. — *Le film en celluloïd.*

Pour remplacer la bande de papier sensible par une surface transparente et plus solide, Marey s'adressa à Balagny qui, le premier en Europe, substituait déjà le celluloïd au verre des plaques photographiques. Ayant pu fournir à Marey des bandes de 1 m. 35 de long, Balagny lui écrit le 12 décembre 1890 : « *Nous ne faisons cette grandeur absolument que pour vous.* »

D'autres fabricants furent également mis à contribution par Marey, car dans le Compte rendu de la séance du 3 novembre 1890 à l'Académie des Sciences, il dit à ce sujet.

« *Suivant la longueur des pellicules que fournit l'industrie on peut recueillir des séries d'images dont le nombre varie de 30 à 120. Les pellicules de Balagny sont les plus sensibles que j'aie trouvées, mais leur longueur n'excède guère 1 m. 10; elles ne contiennent que 30 images en série.* »

VIII. — *Perfectionnements et mise au point.*

Marey, nous venons de le voir, a réalisé le Cinématographe dès 1888; mais il le perfectionna lui-même et en fit la mise au point.

Il supprima l'emploi de l'électricité, remplaça l'électro-aimant par une came et tous les organes de son appareil furent désormais commandés par une simple manivelle, comme dans tous les appareils actuels.

Ces modifications sont exposées dans sa communication du 3 novembre 1890 à l'Académie des Sciences.

« *La multiplicité des sources de force motrice créait d'assez grands embarras: elle exigeait un réglage pour établir la concordance des mouvements des deux appareils associés, et ce réglage était à recommencer chaque fois qu'on devait, pour les besoins d'une expérience, changer la fréquence des images...* »

« *... Pour éviter les effets de l'inertie, je n'arrête que la pellicule, dont la masse est à peu près négligeable, et, pendant cet arrêt, le rouage moteur continue son mouvement à toute vitesse..., je fais réfléchir la pellicule sur un ressort flexible qui cède à sa traction, diminue le trajet que doit parcourir la bande et réagit ensuite aussitôt que la bande cessant d'être comprimée se remet en mouvement. Les choses se passent comme si la bande devenait extensible d'une manière intermittente, ce qui lui permet de cheminer par saccades sous l'action combinée d'un entraînement continu et d'arrêts momentanés.* »

IX. — *Le Projecteur.*

Enfin, dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences du 2 mai 1892, nous voyons Marey annoncer la présentation d'un projecteur, dans les termes suivants :

« *Cet appareil est basé sur les propriétés de l'analyseur; je le nomme Projecteur chronophotographique. Il permet de montrer à un nombreux auditoire les mouvements d'objets de toute nature dont on a recueilli les images successives par le chronophotographe enregistreur.* »

Marey prévoyait donc des appareils distincts — suivant l'usage aujourd'hui universel — pour la prise de vues et la projection. En réalité, pour des bandes de quelques mètres, l'appareil de prise de vues pouvait suffire à restituer le mouvement :

On constate, en effet, que, dans l'appareil de Marey, on peut facilement faire passer un faisceau lumineux par la fenêtre ménagée à l'arrière pour la mise au point. Aucune pièce mécanique ne s'interpose et le rayon lumineux peut traverser la pellicule et l'objectif qui l'étale sur l'écran.

Ce dispositif de réversibilité, aujourd'hui abandonné, fut d'ailleurs celui adopté par les premiers constructeurs qui donnèrent des projections publiques.

Le Ralenti et l'Accéléré

Le fait que le Cinématographe a été inventé par Marey pour pouvoir pratiquer le ralenti et l'accéléré est nettement établi par ce qu'il écrivait dans la Revue générale des Sciences le 15 novembre 1891.

« *On sait* », *dit-il*, « *qu'il suffit d'une dizaine d'images successives par seconde pour que l'œil éprouve la sensation d'un mouvement continu. Or, comme la chronophotographie peut donner à chaque seconde 40 à 60 images, en faisant tourner une telle bande à raison de 10 images par seconde, on obtient la sensation du mouvement ralenti de quatre à six fois, et par conséquent bien plus facile à suivre dans toutes ses phases.* »

Et plus loin, pour l'accéléré :

« *... Une astérie placée à la renverse au fond d'un aquarium met environ 10 minutes à se retourner; pour suivre les phases du mouvement il suffit de prendre une image toutes les minutes.*

« *Enfin, l'épanouissement d'une fleur, s'il met 10 heures à se produire, permet de laisser un intervalle de 24 minutes entre deux images successives.*

« *Dans les cas où les images doivent être prises à de longs intervalles, au lieu de tourner la manivelle à la main, il vaut mieux confier ce rôle à un rouage auxiliaire qui s'en acquitte parfaitement.* »

Chronophotographe et Cinématographe désignent le même objet

C'est le Congrès International de Photographie (Paris 1889) qui a choisi le terme de Chronophotographe pour désigner le premier appareil de prise de vues. Marey, avec raison, jugeait nécessaire d'avoir la mesure du temps et plaçait dans le champ de l'appareil une horloge munie d'une aiguille indiquant les secondes. C'est le dispositif actuellement adopté, notamment dans les compétitions sportives où le poteau d'arrivée est muni de mouvements d'horlogerie et de cylindres enregistreurs sur lesquels les opérateurs cinématographistes braquent leur appa-

reil. Le film indique les temps à chaque passage des concurrents. La Chronophotographie est donc en ce sens de la Cinématographie perfectionnée et plus précise. L'appareil est le même; il est Chronophotographe ou Cinématographe, sans aucune modification d'organes, par l'usage qu'on en fait.

D'ailleurs chacun des nombreux constructeurs de cinématographes désirant que son appareil fut distingué des autres, beaucoup de noms furent lancés. Le public les ayant tous rejetés et celui de Cinématographe ayant prévalu, il n'y a aucune raison d'exclure l'appareil de Marey de cet usage universel.

C'est pourquoi on peut et on doit, dans les textes de Marey, remplacer le mot Chronophotographe par le mot Cinématographe.

Applications faites par Marey du Cinématographe dans tous les domaines.

Cardiologie. — Dans son numéro du 23 juin 1937, « *La Presse Médicale* », sous la signature du Dr Lutembacher, publiant un article sur l'emploi du Cinématographe en Cardiologie, débute ainsi : « La Cinématographie, sous le terme de Chronophotographie, conçue, inventée et réalisée par Marey, dès 1890, pour l'étude des mouvements en Physiologie, est une méthode du plus haut intérêt en Cardiologie. »

En effet, le 10 octobre 1892, Marey adressait à l'Académie des Sciences le premier film qu'il ait « tourné » des mouvements du cœur isolé de la tortue.

« ... *Le nombre des images* », dit-il, « *n'était que* « *de 10 par seconde et la durée d'une révolution du* « *cœur n'était que de 7/10 de seconde. Il sera très* « *facile de doubler la fréquence des images et de* « *rendre cinq à six fois plus lents les mouvements* « *du cœur.* »

D'autre part, dans les trente pages que la *Revue Générale des Sciences* a publiées le 15 novembre 1891 sous la signature de Marey, nous trouvons toute une série d'expériences réalisées par lui, qu'il donne comme expériences types, en traçant un programme des possibilités que chacune d'elles permet d'entrevoir.

Parmi ces expériences on remarque notamment :

Microcinématographie. — Mouvements de plusieurs infusoires; mouvements des globules du sang dans les vaisseaux capillaires.

Etude de la locomotion. — De l'homme, du cheval, de plusieurs oiseaux, d'animaux invertébrés ou vertébrés marins.

Sciences physiques. — Démonstration de l'accélération de la chute d'un corps.

L'enseignement. — Constitution, en utilisant la persistance rétinienne, de la plupart des figures de la géométrie dans l'espace, engendrées par le mouvement de lignes ou de points.

Enfin Marey démontre également tous les services que le Cinématographe peut rendre aux ingénieurs pour le contrôle de la marche des machines, et aux artistes pour l'étude de leurs modèles lorsqu'ils sont en équilibre instable.

Le legs de Marey

Quand on sait que cette publication dans la *Revue Générale des Sciences*, à laquelle nous avons fait quelques emprunts, a eu pour conséquence de livrer l'invention de Marey au domaine public, sans autre rétribution pour lui que le sentiment d'avoir été utile, on ne peut lire sans émotion les dernières lignes qui accompagnent ce don :

« *En rapprochant* », dit-il, « *comme il est naturel* « *de le faire, la Chronophotographie* (Cinématogra- « phie) *des autres formes de la Méthode Graphique,* « *nous lui avons attribué une supériorité sur ces* « *dernières dans beaucoup de cas. Elle est plus* « *simple. Elle est plus puissante. Elle est plus sûre.* « *Enfin, elle est plus générale, parce qu'elle s'ap-* « *plique également aux sciences physiques et aux* « *sciences naturelles.* »

Résumé et Conclusion

Avant Marey, de Plateau jusqu'à lui, pendant 55 ans, existait seulement le Zootrope, jouet dans lequel une dizaine de figurines dessinées sans modèle donnait une impression heurtée *d'un mouvement nécessairement imaginé puisque la persistance rétinienne ne permet pas à l'œil humain de le décomposer.*

Marey eut d'abord recours à la Méthode Graphique pour remédier aux inconvénients de cette propriété de nos yeux; puis il s'en fit une auxiliaire.

C'est l'évidence même que le Cinématographe n'est qu'une des formes de la Méthode Graphique.

La Méthode Graphique ou inscription automatique des mouvements a été du commencement à la fin de sa carrière, l'instrument de travail de Marey : A l'élément pneumatique qu'il posait sur le sujet en observation, il substitua l'objectif; la bande émulsionnée prit la place du papier enfumé des cylindres enregistreurs, et la lumière suppléa les tubes d'air qui transmettaient le mouvement de l'un à l'autre.

Le papier des enregistreurs glissait sans interruption sous le style et recevait de lui une courbe continue. Marey comprit que la surface sensible exigeait des arrêts pour fournir des images nettes; il réalisa ces arrêts, en dépit des difficultés résultant de l'inertie, au rythme de 20, 40 et 60 images par seconde, et, en 1888, 1889, 1890 les périodiques scientifiques reproduisirent les premiers films du monde.

Le rôle du savant et de l'inventeur était accompli; celui de l'industrie commençait. Depuis Marey elle a conservé à tous les appareils sortis des usines les caractères essentiels du premier appareil de prise de vues.

René Buhot,

Secrétaire général du Comité Marey.

REVUE DE PHYSIQUE INDUSTRIELLE

Si l'on jette un coup d'œil d'ensemble sur les travaux effectués par les physiciens et les ingénieurs pendant la période s'étendant de mars 1936 à juillet 1937, l'on constate aisément la valeur des progrès accomplis dans le domaine de la physique industrielle, tant au point de vue des perfectionnements apportés aux méthodes et aux appareils, qu'à celui de la mise au point de nouveaux dispositifs au service de la Science appliquée.

Nous allons, aussi brièvement que possible, exposer les résultats obtenus dans les diverses branches de la physique appliquée et en tirer les conclusions essentielles.

I. Génératrices électriques diverses

a) Les *piles* à électrolyte immobilisé (piles sèches), dont les applications se développent sans cesse surtout avec la Radiophonie, ont été l'objet de perfectionnements récents ayant en vue l'accroissement de leur durée.

Nous avons étudié, voici quelques mois [1], quelques types de piles de cette catégorie (genre Leclanché) au point de vue de leur débit et de leur durée; la conclusion que nous avons tirée de nos nombreux essais est qu'il existe, pour chaque type, un *Courant critique* qu'il ne faut pas atteindre si l'on veut obtenir une durée normale. Les graphiques relevés pour les variations de la tension permettent de prévoir la durée d'utilisation, en raison du débit entretenu.

Les perfectionnements récents apportés à ces types de piles ont précisément pour but de les rendre plus longtemps utilisables. Signalons, parmi les dispositifs les plus intéressants, celui des nouvelles piles Wonder où le zinc (qui est attaqué après un certain temps de magasinage) est remplacé par un alliage zinc-plomb renfermant de 0,75 à 1 pour cent de plomb et qui résiste très bien. Pour éviter que la matière dépolarisante se détache du charbon dur (électrode positive), celui-ci est remplacé par une masse plastique faite d'un mélange de graphite et de paraffine ou de goudron, à l'intérieur de laquelle est noyé un fil bon conducteur; et autour de cette masse on agglomère le dépolarisant (pile Lumina).

L'on construit depuis peu des piles à *dépolarisation par l'air*; ce qui permet d'éviter les inconvénients dus précisément au contact difficile à conserver longtemps entre le charbon et le dépolarisant solide (bioxyde de manganèse); un type bien compris de pile à dépolarisation par l'air renferme l'électrolyte (alcalin) E dans un vase cylindrique V (fig. 1), dont le couvercle C porte les électrodes; ce

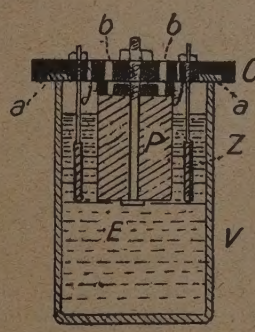


Fig. 1.

couvercle, par son poids, assure une fermeture hermétique, facilitée encore par la matière plastique (brai, huile et résine) coulée dans la rainure annulaire *a*; la carbonatation de l'électrolyte est rendue ainsi impossible; le charbon P est maintenu par un joint en caoutchouc *j*; des ouvertures *b* permettent l'accès de l'air dépolarisant, lequel ne peut entrer en contact avec l'électrolyte où plonge le manchon de zinc Z (type : *Le Carbone*).

Signalons également l'emploi, comme dépolarisant, du mélange acide chromique et perchlorate de sodium : il se forme du chlorure de chrome (électrode positive) et de l'oxyde chromique (Cr^2O^3) à l'électrode négative en aluminium; la tension serait sensiblement constante pendant les 9/10 de la décharge (pile J. Dieulefils, à liquide). Le type de la Compagnie générale d'Electricité utilise comme électrode négative, le magnésium; comme électrolyte un sel alcalin (sulfate ou chlorure); comme dépolarisant un sel insoluble (sulfate de plomb); à la décharge, il se forme entre le ma-

1. H. Pécheux : Essais des piles à électrolyte immobilisé; l'*Electricien*, n° 1643; 1er septembre 1936, pages 390 à 395.

gnésium et le sulfate de plomb, du sulfate de magnésium et du plomb spongieux qui s'oxyde ensuite en présence de l'air, et régénère l'électrode positive. La tension de cette pile (un peu plus faible que celle du type Leclanché) varie de 1,2 à 1,3 volts, en consommant 0,45 gramme de magnésium par ampère-heure de débit.

b) Nous n'avons rien de particulier à signaler en ce qui concerne les *couples thermo-électriques*; nous avons d'ailleurs, dans cette Revue (15 janvier 1937, page 21) indiqué l'essai des couples les plus récents, qui se caractérisent par une plus grande sensibilité.

c) Une nouveauté offrant un intérêt très particulier, est la réalisation des *machines électrostatiques* puissantes, utilisées pour les essais sur la désintégration du noyau, et la formation des radio-éléments.

La génératrice Van de Graaf récente, fonctionnant sous une pression supérieure à une atmosphère, fournit une tension de 750 kilovolts aux bornes pour une pression de 3,15 kilogs par centimètre carré. Elle se compose d'un carter en acier pourvu d'une rangée de pointes chargée par un inducteur, et qui abandonne sa charge électrique à un tapis roulant en caoutchouc, lequel la transporte dans une électrode cylindrique, en tôle polie, qui la cède à son tour à une 2e rangée de pointes, où elle est portée à un très haut potentiel; l'électrode cylindrique est connectée à l'appareil générateur des protons par un tube en textolite qui traverse l'une des faces du carter. Le réglage se fait par une tringle en pointe mue de l'extérieur, et qui peut se rapprocher plus ou moins de l'électrode.

Si l'on emploie cette génératrice avec une excitation par tube kénotron, l'on règle aisément la tension à l'aide de résistances disposées en série dans le primaire du transformateur qui alimente le kénotron, et en éloignant la tringle en pointe de l'électrode. La haute tension est évaluée avec un voltmètre électrostatique.

Nous pouvons signaler la génératrice du type Holtz connu, perfectionnée par M. P. Jolivet par l'emploi d'une atmosphère à pression élevée, ce qui a permis l'obtention d'un champ de 660 kilovolts (atmosphère de gaz carbonique sous la pression de 27 kilogs par centimètre carré); L'emploi des gaz comprimés a ainsi permis de remédier aux défauts de puissance des premières machines électrostatiques, lesquelles ne dépassaient pas 500 volts.

Enfin, au Grand Palais de l'Exposition de 1937, fonctionne une génératrice construite par M. Lazard d'après les indications de M. Joliot-Curie. Cette machine est actuellement la plus puissante; elle donne entre les éclateurs (sphères de 3 mètres de diamètre) des étincelles de 3 mètres de longueur sous une tension de 3 à 5.000 kilovolts; c'est une machine à addition (type de Lord Kelvin) formée de 2 sphères isolées et concentriques, la plus petite déposant ses charges à la surface de la plus grande; les charges transportées à la sphère intérieure, par courroies de coton caoutchoutées, sont produites à l'aide d'un kénotron alimenté par un transformateur sous 10.000 volts; la cage protectrice cylindrique a 20 mètres de hauteur et 20 mètres de diamètre; les colonnes de support en bakélite, ont 12 mètres de hauteur. Cette machine permet la production des radio-éléments dans un tube disposé entre les deux sphères-pôles, et où l'on entretien une ionisation qui se trouve ainsi accélérée.

II. Appareils de mesures électriques

a) *Résistances étalonnées.* — Un nouvel alliage qui convient particulièrement dans la construction des boîtes d'ohms et des rhéostats est le *kanthal* (fabriqué en Suède) qui renferme de 60 à 70 pour cent de fer, 20 à 30 pour cent de chrome, 3 à 6 pour cent d'aluminium; et 0,5 à 2 pour cent de cobalt; il peut être employé jusqu'à 1150 degrés et fond à 1640°; sa résistance spécifique en ohms par mètre millimètre carré vaut 1,35; il est donc supérieur au nichrome, dont la résistance spécifique ne dépasse pas 1,11 ohms et qui fond à 1450°; un autre alliage, le *mégapyr* (fabriqué en Allemagne), constitué par du fer (65 %); du chrome (30 %) et de l'aluminium (5 %), et offrant une résistance spécifique de 1,40 ohm-mètre/millimètre carré, est utilisé jusqu'à 1350 degrés. On peut employer également ces alliages dans la construction des fours électriques industriels qui exigent une température de fonctionnement élevée.

b) Un nouvel appareil de mesure (*multi-Z*) permet d'évaluer les intensités de courant (continu ou alternatif) ou les tensions, à volonté; il comporte 12 sensibilités pour chaque sorte de courant, et 2 échelles; l'on passe, d'une sensibilité à l'autre, selon la grandeur à mesurer, à l'aide d'un commutateur. Ce *voltmètre-ampèremètre* fournit les lectures à 1% de la valeur extrême de l'échelle en courant continu, quelle que soit la sensibilité utilisée. Pour la mesure des courants alternatifs, la précision est de 1,5 % (fréquences 20 à 500 périodes-seconde) et de 2 % (jusqu'à la fréquence 2000); l'influence de la température produit une erreur de 0,5 % (courant continu) ou 0,7 % (courant alternatif) pour une élévation de température ne dépassant pas 35 degrés centigrades. Ses faibles dimensions permettent de le transporter aisément pour la vérification des montages électriques.

c) Un *transformateur de mesure* pour courant continu, dû à O. E. Nölke, permet la mesure d'un courant de grandeur quelconque (30.000 ampères au maximum) ramené à 5 ampères. A cet effet, le courant intense (à mesurer) circule dans un conducteur disposé au centre d'un tore en acier incomplet, entre les branches duquel tourne l'induit d'une dynamo à courant continu; cet induit est connecté en série avec le bobinage du tore et avec l'instrument de mesure; le champ créé dans le tore par le courant à évaluer, fournit dans l'induit et l'instrument un courant plus faible qui est fonction des caractéristiques de ce transformateur rotatif. La vitesse de l'induit doit être maintenue constante, afin d'obtenir une lecture précise.

III. Radio-électricité

La période 1936-1937 nous montre, malgré une certaine stabilisation dans la construction des récepteurs, que de grands progrès ont été accomplis dans la technique, surtout en ce qui concerne les lampes et le réglage des récepteurs; nous allons examiner, brièvement, les résultats obtenus dans les diverses branches de la Radio électricité.

a) *Lampes.* — Les lampes d'*émission* les plus récentes (construites par la Société Française radioélectrique), sont réalisées pour des puissances supérieures à quelques kilowatts. L'anode est extérieure, et raccordée par soudure étanche à l'ampoule renfermant les autres électrodes; cette anode est en cuivre; la piste supérieure de la grille est pourvue d'un écran en cône qui établit un champ régulier facilitant les décharges. Les filaments, portés à 2500° absolus, s'allongent librement grâce à l'action de ressorts disposés à la partie supérieure de la lampe, et qui évitent tout contact avec la grille; on obtient une grande fidélité de caractéristiques; les entrées de courant sont réalisées par des barres de molybdène enrobées dans le verre, et refroidies intérieurement par un courant d'eau; les anodes sont entourées de chemises avec circulation rapide d'eau pour leur refroidissement.

Pour *ondes courtes*, de 50 centimètres, on réalise des lampes de ce type fournissant une puissance de 5 watts (tensions : grille + 400 volts; plaque — 20 volts); pour ondes de 16 centimètres, la tension de grille vaut + 250 volts; de plaque : — 70 volts.

La lampe *heptode* à 5 grilles (sorte de pentode pourvue d'une grille supplémentaire) est employée à la synchronisation des émissions, à l'amplification à haute fréquence avec modulation par la grille supplémentaire de commande.

Les lampes démontables du type Holweck (puissance de 10 à 100 kilowatts) conviennent bien en télégraphie, mais ne sont pas assez stables en téléphonie; leur puissance pourra être accrue quand on aura pu perfectionner la technique du vide.

En ce qui concerne les *lampes de réception*, toute une série de lampes nouvelles sont parues sur le marché français, en réaction de l'apparition des *lampes métalliques* américaines.

Un grand nombre de lampes américaines récentes sont entièrement métalliques, l'ampoule est en alliage (acier, ou fernico : composé de fer, nickel et cobalt) d'une épaisseur de 1/2 millimètre et servant souvent d'anode (lampe dite *Catkin*); leurs dimensions sont très réduites; la hauteur d'une lampe diode, au-dessus du culot, varie entre 16 et 20 millimètres; le culot plat est en bakélite, pourvu de broches creuses en nombre variable selon la nature de la lampe; les supports métalliques, aux 2 extrémités, sont traversés par les fils de connexion des électrodes, par l'intermédiaire de petits œillets en acier au fernico, garnis intérieurement d'une perle en verre de même coefficient de dilatation; l'ampoule est soudée au culot à l'arc électrique. — On construit ces lampes en pentodes, triodes, et doubles diodes. Le courant de chauffage est de 0,3 ampère avec des tensions de 250 volts (anode) et 100 volts (grille-écran); elles peuvent être utilisées dans les récepteurs à ondes courtes.

Les avantages de ces lampes sont nombreux : réduction de l'encombrement et des capacités parasites, blindage efficace, bon vide obtenu, dissipation de chaleur appréciable.

Mais il faut observer que les *nouvelles lampes en verre*, très perfectionnées, fournissent un rendement plus élevé dans les récepteurs modernes; leur hauteur a été réduite de moitié, ce qui diminue l'encombrement, et par suite le prix de revient des récepteurs; la puissance de chauffage du filament est 4 fois plus faible; l'ampoule est revêtue d'un enduit métallique (silcop) qui constitue un bon blindage antiparasite; le culot est à ergots, chacun étant connecté à une électrode (anode, cathode, grille, filament); ces culots sont normalisés, les lampes s'adaptent donc à tous les récepteurs, dont les plaques servant de douilles sont pourvues de logements aux dits ergots.

Nous pouvons signaler, parmi les nouveaux types de lampes :

1° La *double diode pentode*, dont l'anode double est constituée par les 2 moitiés d'un cylindre fendu suivant deux génératrices opposées; c'est une pentode de sortie à grande pente, ayant une cathode commune et 2 éléments diodes, l'un pour la détection, l'autre pour la commande du contrôle

automatique de la sensibilité (dispositif agissant contre l'évanouissement); chauffage du filament à 2,2 ampères sous 4 volts; tension anodique et de grille : 250 volts.

2° L'*hexode*, convenant aux changements de fréquence, et avec oscillation séparée (réception des très courtes ondes, de 1 mètre environ de longueur; ou amplification en haute ou en moyenne fréquence); chauffage du filament à 0,2 ampère sous 6 volts; tensions : anode, 250 *v*; grille, 100 *v*.

3° La *pentode finale*, avec cathode et grille ovales, indéformables; elle est utilisée comme amplificatrice en basse fréquence; tension de l'anode : 250 à 375 volts; de la grille écran : 175 à 275 volts.

4° Les *lampes-glands*, pour ondes très courtes, de dimensions très réduites (ampoule en verre de 3 centimètres de longueur sur 2 centimètres de diamètre), avec sortie des connexions aux électro-

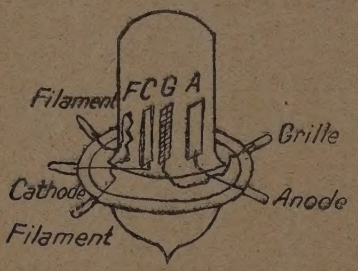


Fig. 2.

des pratiquée radialement à travers une cupule en verre qui entoure l'ampoule; on construit dans ce type : des *triodes* à chauffage indirect (détectrices, amplificatrices, oscillatrices pour longueur d'onde de 0,5 mètre à la fréquence 600 millions de périodes-seconde); des *pentodes*, de dimensions un peu plus grandes, puisqu'il y a 2 électrodes supplémentaires (amplification en haute fréquence). La figure 2 montre une triode-gland.

b) Récepteurs. — On n'utilise plus que le montage superhétérodyne avec dispositifs de changement de fréquence réalisés par lampes pentodes ou lampes octodes, et même par 2 lampes; on construit de plus en plus le récepteur toutes ondes, et les bobinages avec noyau de fer pour les étages moyenne fréquence.

Les progrès les plus récents accomplis dans la technique des récepteurs ont eu pour but le *réglage* des postes et l'amélioration de la *sélectivité* et de la *musicalité*.

L'ancien réglage *visuel* par luminescence ou incandescence qui permet d'indiquer l'instant exact de l'accord du récepteur sur le poste émetteur, est remplacé par le *réglage visuel cathodique*. Le dispositif utilisé à cet effet (type européen), est constitué par une triode et un tube cathodique chauffé indirectement et émetteur d'électrons; l'extrémité supérieure de la cathode est entourée d'un écran conique fluorescent et de quatre plaques de déviation reliées à l'anode de la triode, et dissimulées par un disque noir; on porte l'écran cathodique à la haute tension positive et l'on intercale une résistance de 1/2 mégohm entre cet écran et l'anode du système fluorescent; la tension obtenue est appliquée sur la grille de la triode reliée au système antifading. Quand il n'y a pas accord, le pinceau électronique émis par la cathode et attiré par l'écran conique anodique est concentré sur une bande étroite de l'écran, et il se forme

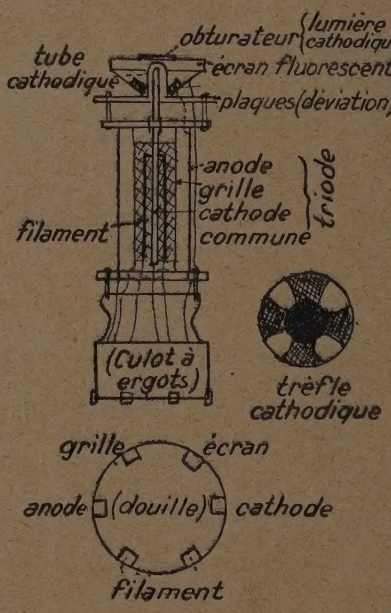


Fig. 3.

4 branches qui s'étendent en une mince croix lumineuse; au moment de l'accord, la croix s'élargit et devient plus brillante (*trèfle cathodique*); fig. 3.

Le *réglage universel* par bouton unique est réalisé par la Société anonyme Philips : on obtient ainsi, par un seul bouton, le réglage précis, la sélectivité, la tonalité, l'intensité du son. Ce bouton est monté sur rotule : l'accord est obtenu par la rotation, l'intensité du son par un déplacement de bas en haut, la modulation par un déplacement de gauche à droite, la sélectivité par une position moyenne. Il s'agit donc là d'une solution réellement pratique du réglage des récepteurs.

c) Perfectionnements divers. — Dans les *haut-parleurs*, on a remplacé la bobine d'excitation par un aimant permanent : on supprime ainsi les ronflements provenant d'une mauvaise filtration du courant redressé.

La protection contre les *parasites* est assurée, sur le poste même, par les blindages des lampes, des bobinages, et des condensateurs, et par des transformateurs à écran ; un filtre approprié supprime dans le circuit d'antenne, les brouillages télégraphiques : les sifflements d'interférence sont ainsi réduits. — Le retour à l'emploi du cadre orientable comme collecteur d'ondes est une solution heureuse : cet organe est beaucoup moins sensible aux parasites que l'antenne, parce que le champ électrique perturbateur est dirigé verticalement. — L'antenne antiparasite est en forme de *doublet*, elle est reliée au récepteur par une ligne blindée, laquelle ne transmet à celui-ci que les courants non en phase dans les deux conducteurs ; ce dispositif compensateur élimine les perturbations ; des bobines de choc et des filtres assurent d'ailleurs la sélection des longueurs d'onde, à partir de l'antenne.

d) Appareils de mesure. — Parmi les dispositifs récents de mesure, nous pouvons signaler : un *pont universel* à courant alternatif, permettant d'effectuer des mesures d'inductance (de 10 microhenrys à 10 henrys), de capacité (de 10 millièmes de microfarad à 10 microfarads), de résistance (de 1 ohm à 1 mégohm), ceci avec une approximation de 5 pour cent ; ce pont est à récepteur téléphonique (de 2.000 ohms), et il est alimenté par le courant alternatif du réseau (25 à 60 périodes-seconde).

Le *radiodépanneur*, pourvu d'un milliampèremètre-ohmmètre et d'un voltmètre, et comportant toutes les variétés d'adaptation de culots, permet la mesure des caractéristiques des lampes, celle des tensions et des courants entre électrodes des lampes. — Le *lampemètre* donne instantanément la *pente* d'une lampe. Enfin l'*oscillographe cathodique* permet l'étude des circuits, des courants et des tensions [2].

IV. Télévision et Télécinématographie

Nous avons, dans notre précédente revue de physique industrielle montré l'état de la télévision en 1936, et indiqué le dispositif utilisé à la Tour Eiffel, et dû aux travaux de M. R. Barthélémy ; et dit quelques mots de la Cinématélévision.

a) Un progrès intéressant, dû à cet inventeur, a été réalisé en *télévision directe* : la nouvelle chambre de prise de vues est agencée avec un multiplicateur électronique à 10 étages ; la sensibilité atteinte se manifeste par un éclairement minimum de 1.500 lux ; ce dispositif permet d'opérer en plein air.

Un nouvel appareil récepteur à 22 lampes comporte, outre le tube à rayons cathodiques, 3 châssis pour la vision et 1 pour la sonorisation ; le 1er châssis réservé à l'alimentation donne les courants à haute tension (1600 et 3500 volts), et à basse tension après redressement par 2 valves ; le 2e châssis comporte les dispositifs de balayage (horizontal et vertical), et de réglage de la synchronisation, du chauffage de la cathode du tube, de la fréquence, de l'amplitude et de la symétrie des lignes, et de celles des images ; le 3e châssis est un changeur de fréquence à 9 lampes. Le châssis de sonorisation est à amplification directe.

La bande des longueurs d'onde reçues varie de 33 à 50 millions de périodes-seconde ; la moyenne fréquence est réglée sur 5 millions de périodes-seconde ; l'image, dont la surface atteint 330 centimètres carrés apparaît en noir sur blanc sur le fond du tube de 25 centimètres de diamètre.

b) La *télécinématographie* paraît prendre le pas sur la télévision directe, c'est un procédé de télévision utilisant le cinématographe comme moyen : le développement presque instantané d'un film (sept secondes pour développer, fixer et sécher un négatif prêt à passer à l'appareil de transmission optique) rend possible la diffusion des scènes à transmettre par télévision ; le procédé est donc plus pratique que celui de la transmission directe des scènes de plein air, laquelle exige des appareils plus sensibles, et plus coûteux.

L'appareil d'*émission* permet la transposition immédiate de l'image du noir au blanc — ou vice-versa —, donc, utilise un film négatif aussi bien qu'un film positif ; d'où une économie de temps pour la télévision d'un spectacle d'actualités (scènes en relief ou en couleurs). Le système Barthélémy permet l'analyse par roue de Nipkov à 180 lignes, ou à 240 lignes ; le système Loewe est à 240 lignes intercalées : l'image définitive étant formée par la succession de 2 images élémentaires de 120 lignes, s'intercalant l'une dans l'autre. Les récepteurs sont constitués comme ceux de télévision directe.

c) Oscillographes à rayons cathodiques. — Nous avons décrit antérieurement cet organe, nécessaire à la télévision (fig. 4, page 265, de la *Rev. phys. indust.* de 1936).

La réalisation du tube *à vide élevé* constitue un progrès sensible sur l'ancien tube à gaz inutilisa-

2. H. Pécheux : Revue de physique industrielle ; *Revue Générale des Sciences*, 15 mai 1936 ; Tome XLVII, n° 9 (pages 260 à 270).

ble en télévision en raison de son inertie. La cathode C est protégée contre le bombardement des ions; l'électrode de Wehnelt T règle l'intensité du flux cathodique; la concentration du faisceau est assurée par l'emploi de 3 anodes : l'anode-écran A_1 (analogue à la grille écran des lampes thermoïoniques), l'anode cylindrique A_2, l'anode de revêtement A_3 (celle-ci sous forme d'un dépôt métallique intérieur au tube) : les 2 dernières jouent le rôle d'un *dioptre* électronique. Les tensions appliquées sont : 0 à 25 volts au tube de Wehnelt; 250 volts à l'anode écran; 1500 volts à la 2e anode et 7.000 à la 3e; des plaques de déviation, horizontales P, verticales Q, permettent d'obtenir, à l'aide des tensions alternatives auxquelles elles sont soumises, un champ magnétique

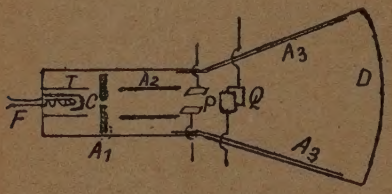


Fig. 4.

variable qui dirige les rayons sur l'écran fluorescent D, où se forme l'image. La cathode est chauffée indirectement par le filament F. L'image lumineuse sur l'écran a un éclat qui lui permet de rester visible dans une pièce bien éclairée. La couleur de l'image dépend de la nature du dépôt fluorescent; l'intensité lumineuse spécifique varie de 0,15 à 1,60 bougie par watt; avec un dépôt de sulfate de zinc, l'image persiste après l'impact cathodique (fig. 4).

V. Photoélectricité

Nous avons indiqué, antérieurement (*Rev. Gén. Sciences* du 15 mai 1935, page 267 et du 15 mai 1936, page 266) la constitution et le fonctionnement des cellules photoélectriques dites émissives, et à couche d'arrêt.

a) Les *cellules émissives* sont utilisées en télévision, avec un *oscillateur cathodique* en fournissant, par le passage de la lumière produite sur l'écran fluorescent de ce dernier à travers un film qui se déroule entre cet écran et la cellule, un courant photoélectrique allant à l'amplificateur, et appliqué ensuite à l'onde porteuse.

Les cellules qui conviennent particulièrement à la télévision sont les cellules à gaz, qui fournissent, à égalité de tension anodique, une amplification des courants photoélectriques.

L'anode, en forme de grille entourant l'intérieur de l'ampoule cylindrique est reliée aux broches du culot (partie inférieure); la cathode (en potassium, ou sodium, ou rubidium, ou cæsium) est supportée par une suspension métallique protégée par un anneau de garde, elle est reliée à la borne supérieure de l'ampoule; une fenêtre circulaire, disposée en face de la cellule, permet à la cathode de recevoir la lumière émise par l'écran de l'oscillateur cathodique. Pour former la cathode, on applique une tension électrique (tension anodique) qui provoque les effluves électroniques de cette cathode.

La cellule L. M. T. a pour cathode une calotte métallique recouverte de cæsium; elle est très sensible aux rayons rouges et infra-rouges; la *sensibilité* se traduit par un courant de 60 micro-ampères par lumen, avec une tension d'anode de 90 volts, et une source lumineuse à la température de 2.700 degrés absolus; le courant anodique ne dépasse pas 10 micro-ampères; la surface de la fenêtre est de 10 centimètres carrés.

b) Les cellules à *couche d'arrêt*, que nous avons décrites en 1935, sont appliquées spécialement à la construction des *intégrateurs de lumière* et des *luxmètres*.

1° Dans l'*intégrateur de lumière*, une cellule photoélectrique est associée à un compteur d'énergie électrique; l'ensemble constitué par la cellule et le rotor du compteur est réglé pour que l'énergie électrique débitée par la cellule, quand elle est exposée à une source de lumière, naturelle ou artificielle, soit proportionnelle, à chaque instant, à l'éclairement de la cellule. L'appareil est à plusieurs sensibilités, selon la valeur de l'éclairement; une minuterie, entraînée par le rotor, totalise la quantité de lumière reçue sur la cellule pendant la durée de l'éclairement; la quantité de lumière est le produit du flux lumineux F par le temps t; et comme sur une surface donnée (celle de la plaque sensible de la cellule), le flux est proportionnel à l'éclairement obtenu E, la quantité de lumière est donc proportionnelle au produit : E (lux) $\times t$ (secondes).

2° Le *luxmètre* photoélectrique, qui commence à se répandre dans la pratique des essais photométriques, est constitué par une cellule à couche d'arrêt (dépôt sensible, généralement de sélénium, sur une plaque métallique, de cuivre ou de fer formant l'électrode positive; et collecteur annulaire métallique, en contact avec la surface sensible et formant l'électrode négative), reliée à un micro-ampèremètre de très faible résistance; dans ces conditions le courant photoélectrique qui naît dans le circuit dès que la surface sensible est exposée à une source de lumière, est très sensiblement proportionnel à l'éclairement. La graduation du ca-

dran, devant lequel se déplace l'aiguille du micro-ampèremètre, est faite pour l'éclairement de toute la surface sensible.

On construit actuellement des luxmètres de plusieurs sensibilités; si nous nous reportons, par exemple, aux appareils L. M. T. (Société Le Matériel Téléphonique) nous trouvons 3 types de luxmètre; l'un, réduit, avec échelle de 0 à 500 lux (précision des lectures : 7 %); un autre, avec 3 échelles de lecture (utilisées à l'aide d'une clef de shunt) donnant respectivement 0 à 200; 0 à 1000; et 0 à 5000 lux; avec une précision de 5 %; un 3e type dit de *précision*, avec 6 échelles (0 à 5; 0 à 20; 0 à 100; 0 à 200; 0 à 1000; et 0 à 5000 lux), avec précision de 3 %. L'anode est une plaque de fer recouverte d'une couche de sélénium; la cathode, une lame mince, métallique, obtenue par bombardement cathodique; l'étalonnage est effectué à l'aide d'une lampe au tungstène en atmosphère gazeuse, fonctionnant à 2.800° centigrades.

Si l'on compare la *sensibilité* d'une cellule à couche d'arrêt à celle de l'œil, on obtient les courbes de la fig. 5, qui nous montrent que cette sensibilité

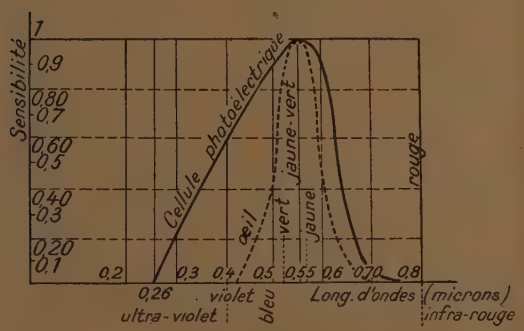


Fig. 5.

est la même (maxima) pour la même longueur d'onde (jaune-vert); elle est à l'avantage de la cellule dans les autres régions du spectre, surtout entre le jaune et l'extrême violet; enfin, la cellule est encore sensible aux radiations invisables (au delà de l'ultra-violet) et dans l'extrême rouge. On a porté, en *abscisses*, les longueurs d'onde en *microns* (millièmes de millimètre); et en *ordonnées* des longueurs représentatives de la sensibilité (œil, ou cellule). Si nous remarquons que l'évaluation d'un flux lumineux dépend de la sensibilité de l'œil à apprécier l'éclairement qui sert à le déterminer, la sensibilité dépendra elle-même de la luminosité de l'éclairement observé; le jaune-vert (longueur d'onde 0,55 micron) qui présente le maximum de luminosité, correspond ainsi au maximum de sensibilité; la sensibilité, pour un œil ou une cellule donnés, est donc fonction de la luminosité de la couleur repérée.

Pour toutes ces raisons: champ très étendu d'investigation dans le spectre; commodité de mesure; conservation de la couche sensible qui ne subit ni altération physique ni altération chimique, influence très faible de la température (au-dessous de 50° centigrades), le luxmètre photoélectrique présente un grand avantage sur le luxmètre à lampe étalon (qu'il faut réétalonner assez souvent), et avec lequel on obtient d'ailleurs assez souvent), et avec lequel on obtient d'ailleurs une précision un peu plus faible dans les lectures.

VI. Eclairage (électrique; naturel).

A. *Eclairage électrique.* — Nous avons indiqué déjà, l'an passé, l'apparition de la lampe au krypton (de M. A. Claude), laquelle en était encore à la période d'essai. Nous avons à signaler, cette fois, les caractéristiques électriques et photométriques de cette lampe; ainsi que quelques types récents, à *incandescence* et à *luminescence*.

a) Les lampes au *krypton* et au *xénon* actuellement en usage correspondent à des puissances électriques de 22, 31, 46 et 64 watts; les essais récents que nous avons faits[3] nous ont fourni pour le facteur d'efficacité (nombre de lumens par watt, et dans le même ordre): 11; 12,4; 13,9 et 15,2; il en résulte sur l'ancienne lampe dite demi-watt, pourvue du même filament de tungstène simplement spiralé, mais en atmosphère d'argon ou d'azote, un accroissement du flux, à puissance égale, représenté respectivement par les nombres suivants (en pour cent) : 22,5; 25,8; 22,2; 22,4; d'où une économie d'énergie électrique correspondante; toutefois il semble que la puissance électrique de ces lampes ne doive pas dépasser 100 watts, si l'on veut conserver un facteur d'économie appréciable (de 64 watts à 100 watts, ce facteur tombe de 22,4 à 16,6 pour cent). Les variations d'intensité lumineuse en fonction des variations de la tension électrique aux bornes sont également plus faibles qu'avec les lampes demi-watt. La température atteinte par le filament, sous la tension normale, va de 2.590° centigrades à 2.700°, quand on passe de la lampe 22 watts à la lampe 64 watts : la lumière obtenue, riche en radiations sélectives, se rapproche ainsi de la lumière blanche.

b) La lampe à incandescence à *flux dirigé* (type récent construit par la Société anonyme Philips) a pour but de fournir, sur une surface rectangulaire, non pas l'égalité d'éclairement, mais un flux réparti rectangulairement, sans dispersion au de-

3. H. Pécheux : Essais des lampes à incandescence au krypton ; *Rev. Gén. de l'Electricité*; Tome XLII, page 131.

hors de la dite surface. Le filament est au tungstène enroulé en zigzag; l'ampoule est ellipsoïdale, allongée, et munie, intérieurement, d'une couche d'argent réfléchissante, s'étendant sur un peu plus de la moitié de la surface; l'autre portion de l'ampoule est claire, et pourvue de nervures prismatiques de façon à influencer convenablement la distribution des rayons émis directement, et indirectement après réflexion. Avec une lampe de 75 watts, sous 115 volts, on obtient des lignes *isolux* très sensiblement rectangulaire, s'étendant de 6 lux (au pied) à 0,3 lux à la périphérie, sur une surface éclairée de 40 mètres sur 16 mètres, et la lampe étant suspendue, au centre, à 7 mètres de hauteur; l'éclairement moyen vaut 1,25 lux, dans la position la plus favorable de la lampe au-dessus de la surface à éclairer [4]. Cette lampe s'adresse à l'éclairage rationnel des voies de communication.

c) La *nouvelle lampe à vapeur de mercure* Philips, est à ampoule de verre A de la forme des ampoules de lampes à incandescence, renfermant de l'argon, et selon son axe un tube de quartz pourvu de mercure T et dont la vapeur est portée à une pression de cent atmosphères pendant le fonctionnement; les 2 électrodes, sont aux extrémités de l'axe longitudinal.

Cette lampe peut être utilisée sur un réseau alternatif à 50 périodes-seconde, par l'intermédiaire d'un auto-transformateur élevant la tension à 440 volts, nécessaires à son fonctionnement, et sur lequel elle s'adapte par son culot à 2 broches; elle consomme 90 watts, et fournit 3.000 lumens (facteur d'efficacité : 33,3 lumens par watt, près de 2,7 fois celui des lampes à incandescence de même puissance); la brillance vaut 1.100 bougies-centimètre carré; la lumière fournit un spectre presque continu (avec quelques raies toutefois); la répartition de l'énergie radiée est celle-ci : 33 % dans le jaune; 50 % dans le vert; et 17 % dans le rouge et le violet; cette lampe qui se refroidit naturellement, convient à l'éclairage public, et à celui des salles de travail dans des conditions économiques remarquables; combinée à une lampe à incandescence, elle donne une lumière se rapprochant de la lumière du jour (fig. 6).

d) La *lampe à luminescence* est toujours la source de lumière recherchée pour la production de la lumière blanche économique. Les travaux récents de MM. A. Claude, Besson et Servigne, ont conduit à une solution intéressante, par l'emploi d'un *tube unique*, au lieu des tubes combinés au néon et à la vapeur de mercure; ce tube à mercure renferme, en un dépôt interne, du tungstate de calcium, additionné d'un peu de samarium, et d'une faible quantité de silicate de zinc; ce dépôt, phosphorescent à l'excitation du tube, est rendu adhérent par ramollissement de la paroi (tube en verre boro-silicaté, ou en quartz). Voici le mécanisme de la luminescence obtenue : à la luminescence bleue du tungstate de calcium, se superpose la luminescence rouge du samarium; il en résulte que la

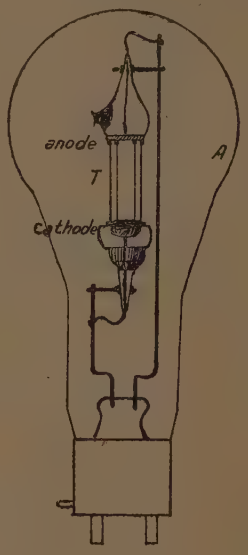


Fig. 6.

lumière bleue est un peu atténuée, mais cette diminution du bleu est compensée par la luminescence bleue de la vapeur de mercure, quand la température s'élève (par élévation du régime de fonctionnement, par exemple, qui tendrait à accroître le rouge). Enfin, la luminescence du silicate de zinc (vert), complète heureusement le spectre continu, qui se rapproche ainsi de celui de la lumière du soleil; le coefficient d'efficacité obtenu vaut 20 à 30 lumens par watt.

Ajoutons, d'ailleurs, qu'en faisant varier la proportion des matières phosphorescentes du dépôt interne du tube, l'on pourra obtenir une couleur désirée, entre le rouge et le bleu.

Les travaux actuels de M. Laporte sur l'obtention de la *lumière blanche* à l'aide du *xénon* sont intéressants à signaler : un tube en pyrex renferme du xénon à une pression de quelques millimètres de mercure (5 à 6 mm.); il est disposé, en série avec un éclateur à étincelles, silencieux et réglable, aux bornes d'un condensateur installé entre les bornes du secondaire d'un transformateur (tension de 6.000 volts); ce condensateur, chargé à chaque alternance, se décharge dans le tube quand la ten-

4. H. PÉCHEUX : Etude d'une lampe électrique à flux dirigé; *Rev. gén. de l'Electricité* ; 9 janvier 1937 ; Tome XLI, page 35.

sion entre ses armatures a pris une valeur bien déterminée par le réglage. La lumière obtenue fournit un spectre continu, avec quelques raies, faibles et espacées ; en augmentant un peu la pression du gaz, on améliore le fond continu du spectre ; en somme, le spectre coïncide avec celui de l'arc au charbon.

B. *Éclairage naturel.* — Poursuivant nos recherches sur l'éclairage naturel des locaux, en application de la méthode que nous avons antérieurement décrite (Voy. *L'Electricien* du 1er juin 1934), nous avons tout récemment étudié la question relative à un *atelier*, de dimensions et d'orientation données, éclairé : soit par des verrières latérales, soit par une toiture en verrière, ou même par les deux dispositifs [5].

1° En considérant le cas d'un grand atelier, de section rectangulaire, avec grand axe longitudinal orienté du nord au sud, et vitrages latéraux à l'est et à l'ouest, et une toiture en verrière, nous sommes arrivé aux conclusions suivantes :

a) Avec un seul vitrage latéral, les éclairements élémentaires sont inégalement répartis : le dispositif est défectueux, et n'est pas à retenir.

b) Avec les deux vitrages (est et ouest) les éclairements obtenus sont assez réguliers, et assez rapprochés de l'éclairement moyen ; lequel varie nécessairement avec les saisons.

c) Avec la toiture en verrière seule, les éclairements élémentaires sont très réguliers et très voisins de l'éclairement moyen. Si l'on compare les éclairements moyens obtenus dans les deux dispositifs, l'on remarque la supériorité de l'éclairage par la toiture en verrière, lequel est 2,25 fois plus grand aux équinoxes ; et 4,33 fois plus grand au solstice d'été ; au solstice d'hiver, ils ont même valeur.

2° Avec l'orientation *est-ouest* de l'axe longitudinal de l'atelier, donc vitrages latéraux au nord et au sud, on obtient les résultats suivants :

a) Le vitrage nord donne un éclairement défectueux et insuffisant ; le vitrage sud fournit les *éclairements les plus élevés* ;

b) Les deux vitrages (nord et sud) fournissent un éclairement moyen bien supérieur à celui des fenêtres (est et ouest), mais les éclairements élémentaires sont plus irrégulièrement répartis que dans le 1er dispositif ;

c) La toiture en verrière seule donne des éclairements irréguliers en toutes saisons, avec éclairements moyens inférieurs à ceux du précédent dispositif, donc plus rapprochés de ceux fournis par les vitrages latéraux (1,25 fois plus grand aux équinoxes ; 3,66 fois plus grand au solstice d'été ; mais 3 fois *plus faible* au solstice d'hiver).

N. B. L'emploi des 2 vitrages latéraux et de la toiture en verrière conduit nécessairement à des éclairements plus élevés (puisqu'ils s'ajoutent) ; mais l'irrégularité des éclairements se conserve avec l'orientation est-ouest de l'atelier, quoique l'éclairement moyen obtenu soit sensiblement le même dans les 2 cas.

En somme, et en retenant surtout la distribution *régulière* des *éclairements élémentaires*, l'orientation la plus avantageuse est celle du nord au sud.

VII. Chauffage électrique

Le chauffage électrique n'est réellement pratique que lorsqu'il utilise le courant électrique aux heures où il est le moins cher c'est-à-dire la nuit, les stations centrales pouvant alors le livrer à tarif réduit.

a) Le procédé le plus *économique* est le chauffage de l'eau *par accumulation* ; on calorifuge soigneusement le réservoir d'eau, ce qui permet de maintenir l'eau, à l'aide d'un corps de chauffe approprié, à une température assez élevée (90° en général), pendant des heures après l'interruption du courant. Un *régulateur de température* est nécessaire pour interrompre le courant lorsque la température de l'eau, déterminée a priori, est atteinte : on évite ainsi une surchauffe des appareils, et une dépense inutile d'énergie.

b) Les *régulateurs de température*, qui continuent à faire l'objet des recherches des inventeurs, sont assez nombreux ; parmi les dispositifs les plus récents et précis, indiquons le *régulateur à dilatation* des Aciéries d'Imphy, se composant essentiellement d'une canne de *pyros* (fer, nickel, chrome) disposée à l'intérieur d'un tube de silice (celui-ci exposé au four électrique, ou au corps de chauffe). Si la température, dans le corps de chauffe, vient à dépasser la limite imposée, la dilatation de la canne, transmise par l'intermédiaire de tige à coulisse et de levier vertical basculant, à un levier horizontal muni de 2 contacts à mercure, établit l'un de ces contacts, ce qui ajoute une résistance additionnelle au rhéostat de réglage du four, ou du corps de chauffe : la température s'abaisse ainsi, et au-dessous de la valeur admise ; mais alors le contact est rompu, et la résistance supplémentaire est mise en court-circuit : la température se rétablit. Cet appareil, très sensible, peut être employé jusqu'à 1.100°, en donnant un réglage à ± 2° : donc, d'une grande précision.

c) Signalons un *corps de chauffe* tout récent (type R. Beer) de construction facile, et qui donne des garanties de fonctionnement et de durée ; la

5. H. Pécheux : De l'éclairage naturel d'un atelier ; *L'Electricien*, Tome LXVIII, des 15 août et 1er septembre 1937, pages 370 et 386.

résistance chauffante est constituée par un mélange intime, et bien comprimé, de 79,3 pour cent de bauxite blanche; 19,8 % de graphite en poudre, et 0,9 % d'aluminium également en poudre, mélange tassé dans un tube cylindrique en argile réfractaire fermé par 2 capsules à bornes, pour connexion à un circuit d'alimentation. Un élément de 38 centimètres de long et 4 centimètres de diamètre interne, donne sous 200 volts une température, à sa surface radiante, comprise entre 55° et 60° centigrades. Ce dispositif est plus économique que les corps de chauffe à résistance purement métallique, qui s'altèrent plus ou moins vite à l'air extérieur, et deviennent cassants.

d) Le *chauffage électrique* du sol, pour cultures forcées, devant fournir des produits de qualité dans un temps réduit, continue à retenir l'attention des ingénieurs; le but à atteindre est en effet d'un intérêt capital : accroître, en maintenant la température du sol entre certaines limites fixées, le rendement en qualité et en quantité des cultures; obtenir des récoltes d'avant-saison, et même étrangères aux produits naturels de la région. Parmi les divers procédés de chauffage essayés, dans ces dernières années, le plus simple et le plus économique est le chauffage électrique direct du sol; les conducteurs de chauffe utilisés sont en *nickeline*, isolés à l'amiante et disposés sous gaîne de plomb; on les entoure de tubes en terre cuite reposant sur un revêtement poreux (mauvais conducteur de la chaleur), que l'on recouvre ensuite d'une épaisseur normale de terreau; en employant le courant électrique à tarif réduit (la nuit) on réalise un véritable chauffage par accumulation dans le sol, donc économique. Dans le cas des grands froids, on prévoit un chauffage supplémentaire de l'air au-dessus du sol, par des corps de chauffe à résistance métallique, ou même des lampes électriques au tungstène.

Les expériences faites récemment en Suisse, avec le courant alternatif, ont montré que, pour le chauffage des couches pendant 8 heures de la nuit, il faut compter sur une moyenne de 140 watts par mètre carré, pour obtenir une température voisine de 20°, dans les couches en question; le chauffage supplémentaire de l'air (dans les régions nordiques) exigerait une dépense supplémentaire de 33 pour cent; la connaissance du tarif de vente du kilowatt-heure, permet de traduire aisément, en francs, les frais de chauffage.

N. B. Le chauffage électrique du sol en question correspond à un facteur de puissance assez élevé, et conduit à un débouché dont le développement serait d'un grand intérêt pour les producteurs d'énergie électrique.

Conclusion. — De l'étude qui vient d'être faite, il résulte que des progrès appréciables ont été accomplis dans les principales branches de la physique industrielle, pendant ces seize derniers mois; et tout particulièrement en *radiotechnique*, où les efforts des inventeurs ont eu pour objet de présenter des dispositifs très perfectionnés quant à la qualité; et en *éclairage électrique*, où le but poursuivi est l'obtention d'une lumière artificielle plus riche en radiations sélectives, et aussi plus économique.

H. Pécheux,
Docteur ès Sciences,
Lauréat de l'Institut.

BIBLIOGRAPHIE

N. B. — *R.G.E.* signifie *Revue générale de l'Electricité*; *Elec.*: *Revue l'Electricien*.

I. *Génératrices électriques diverses.*

L. Jumau : Les piles électriques d'après les brevets récents; *R.G.E.* du 22 mai 1937, page 657.

H. Pécheux : Essais des piles à liquide immobilisé; *Elec.* du 1er septembre 1936, page 390.

C. R. : Générateur électrostatique Van de Graaff; *R.G.E.* du 14 mars 1936, page 383.

P. Jolivet : Nouveau moteur électrostatique; *R.G.E.* du 13 juin 1936, page 860.

P. Hémardinquer : Les présentations électriques à l'Exposition de 1937; *Elec.* du 15 juin 1937.

II. *Appareils de mesures électriques.*

R. B. : Nouveaux alliages résistants; *Elec.* du 15 décembre 1936, page 358.

L'instrument de mesure (volt-ampèremètre) multi Z; *Elec.* du 15 mai 1936, page 237.

M. C. : Transformateur de mesure pour courant continu *R.G.E.* du 21 mars 1936, page 414.

III. *Radioélectricité.*

J. B. : Les lampes d'émission; *R.G.E.* du 7 mars 1936, page 348.

M. Adam : Récents progrès de la Radiotechnique; *R.G.E.* du 9 mai 1936, page 689.

M. Adam : Progrès réalisés dans les récepteurs radioélectriques; *R.G.E.* du 19 décembre 1936, page 791.

P. Hémardinquer : Les transformations des lampes de T.S.F. *Elec.* du 1er mai 1936, page 213, et du 1er juin 1936, page 260.

P. Hémardinquer : Les nouveautés radiotechniques de 1936-1937; *Elec.* du 1er octobre 1936, page 447; du 1er novembre 1936, page 493.

IV. *Télévision et Télécinématographie.*

M. Adam : Appareils de télévision et de télécinématographie *R.G.E.* du 19 décembre 1936, page 799.

M. Adam : Les nouvelles lampes électroniques, tubes à vide, à gaz, à rayons cathodiques; *R.G.E.* du 29 mai 1937, page 689.

V. *Photoélectricité.*

M. ADAM : Cellules photoélectriques ; *R.G.E.* du 29 mai 1937, page 704.

Société L.M.T. : Notice sur les cellules photoélectriques et leurs applications.

VI. *Eclairage (électrique et naturel).*

H. PÉCHEUX : Essais des lampes à incandescence au krypton ; *R.G.E.* du 31 juillet 1937, page 131.

H. PÉCHEUX : Etude d'une lampe électrique à flux dirigé ; *R.G.E.* du 9 janvier 1937, page 35.

X. : Une nouvelle lampe à vapeur de mercure ; *Elec.* du 15 juin 1936, page 283.

G. CLAUDE : Production de la lumière blanche à l'aide d'un tube luminescent unique ; *R.G.E.* du 30 janvier 1937, page 138.

M. LAPORTE : Production de lumière blanche par luminescence électrique des gaz ; *R.G.E.* du 6 février 1937, page 172.

M. LAPORTE : Production de lumière blanche par luminescence électrique du xénon ; *R.G.E.* du 5 juin 1937, page 721.

H. PÉCHEUX : De l'éclairage naturel d'un atelier ; *Elec.* des 15 août et 1er septembre 1937, pages 370 et 386.

VII. *Chauffage électrique.*

M. DÉRIBÉRÉ : La régulation des fours électriques ; *R.G.E.* du 26 septembre 1936, page 399.

L. D. : Corps de chauffe électrique ; *Elec.* du 15 mars 1936, page 139.

C. STROBEL : Chauffage électrique du sol ; *R.G.E.* du 27 juin 1936, page 937.

LE GULF-STREAM

I. — La notion populaire et la notion scientifique du Gulf-Stream.

Parmi les grands faits de dynamique de l'Océan, le Gulf-Stream (Courant du Golfe) est le seul dont le nom soit familier au grand public. Celui-ci voit essentiellement dans ce courant une sorte de génie bienfaisant des eaux qui, venu des latitudes chaudes de l'Amérique tropicale, donne aux côtes d'Europe un climat doux et humide jusqu'aux lisières de la mer polaire, en refoulant les glaces jusqu'à l'extrême nord.

La notion scientifique du Gulf-Stream est moins vaste, mais plus précise; au moins essaie-t-elle de l'être.

Par Gulf-Stream on entend le mouvement général des eaux du sud-ouest au nord-est, du canal de Floride jusqu'aux côtes d'Europe : mouvement de surface, mais aussi de subsurface et de moyenne profondeur, limité, à son origine, d'une manière assez nette sur le bord occidental, moins nette sur le bord oriental, et de plus en plus imprécis, à mesure qu'il avance vers l'Europe, dans ses contours généraux de surface et de profondeur.

Tout le monde reconnaît aujourd'hui que le nom du Gulf-Stream est purement conventionnel. Le courant ne tire point son origine d'une diffusion du golfe du Mexique, comme le croyait Franklin, qui lui donna son nom et esquissa la première carte. Mais la convention demeure admise, et il n'y a aucun inconvénient à la garder.

A son origine, là où il est étroit et très fort, c'est-à-dire dans le canal de Floride, le courant fut reconnu peu de temps après l'arrivée des Européens dans le Nouveau Monde : le pilote de Ponce de Léon, Francisco de Alaminos, fut refoulé plusieurs fois par le courant avant de pouvoir aborder aux côtes de Floride, en 1513.

Mais le mouvement général des eaux dans l'Atlantique nord ne fut connu des marins qu'après l'établissement d'une navigation commerciale active, au XVIIIe siècle, lorsqu'on constata que les trajets à la voile d'Amérique en Europe, aidés par le mouvement des eaux, étaient généralement plus courts que ceux d'Europe en Amérique.

Cette remarque des capitaines marchands, interprétée par Franklin, fut complétée par lui au moyen de quelques mesures thermométriques de surface dans la région du mouvement présumé. Franklin définit donc le mouvement comme un mouvement d'eaux chaudes; il lui donna pour origine le golfe du Mexique, d'où le nom de Gulf-Stream; enfin il dressa, en 1775, la première carte, celle qui représentait le courant comme un immense fleuve océanique, étroit au canal de Floride, de plus en plus large à mesure qu'il avançait au nord-est vers les côtes d'Europe.

Pendant longtemps, on n'en sut pas davantage. Les rapports de mer des navires confirmaient simplement ce qu'on savait déjà.

Mais, au milieu du XIXe siècle, l'activité de l'*U. S. Coast and Geodetic Survey* des Etats-Unis et la naissance de l'océanographie physique firent entrer le Gulf-Stream dans le domaine de la recherche scientifique. De 1845 à 1860 eurent lieu les premières investigations du *Survey*. Elles ne disposaient encore que d'un matériel fort médiocre d'observation et d'expérimentation.

Cela n'empêcha pas l'illustre directeur de l'observatoire de Washington, F. Matthews Maury, de mettre ainsi le Gulf-Stream en vedette, en tête de sa *Géographie physique de la mer :*

« Le Gulf-Stream est une rivière au milieu de l'Océan, dont le niveau ne change, ni dans les plus fortes sécheresses, ni dans les plus fortes pluies. Il est limité par des eaux froides, tandis

que son courant est chaud. Il prend sa source dans le golfe du Mexique. Il n'existe pas sur la terre un cours d'eau plus majestueux. Sa vitesse est plus grande que celle du Mississipi ou de l'Amazone, et son débit mille fois plus considérable [1]. »

Maury inspira Michelet. Le poète de *la Mer* chanta d'un souffle plus large l'hymne du Gulf-Stream.

« Il court, dit-il, chaud et salé, très distinct entre deux murs verts. L'Océan a beau faire : il le serre, le comprime, mais il ne peut le pénétrer... Rapide et fort, il court d'abord au nord, en suivant les Etats-Unis; mais, quand il arrive à la pointe du grand banc de Terre-Neuve, son bras droit pousse à l'est, son bras gauche se subordonne, comme courant sous-marin, s'en va consoler le pôle, y créer la mer tiède, je veux dire non glacée... Quant au bras droit, épandu dans une largeur immense, lorsque affaibli, fatigué, il arrive enfin en Europe, il trouve l'Irlande et l'Angleterre qui divisent encore ses eaux divisées à Terre-Neuve. Défaillant, perdu dans la mer, il tiédit pourtant un peu la Norvège [2]. »

Les erreurs du lyrisme de Michelet nous font aujourd'hui sourire. Mais à côté de ses erreurs il a eu des éclairs de prescience de vérités nouvelles qui ne furent démontrées que longtemps après lui. On s'en convaincra en lisant le présent article.

Tandis que les poètes rêvaient, les savants travaillaient.

La période vraiment féconde des recherches de l'*U. S. Coast and Geodetic Survey* se place de 1867 à 1889, lorsque l'océanographie physique fut en possession de bons instruments de travail, sondeurs de grande profondeur, thermomètres à renversement, bouteilles à eau, mesureurs de courants.

Les noms du bateau *Blake* et des observateurs Sigsbee, Bartlett, Alexandre Agassiz et Pillsbury sont attachés à cette période, où furent déterminés avec précision les caractères du courant de Floride entre le canal de Yucatan et le cap Hatteras, c'est-à-dire sur une étendue relativement petite où les caractères distinctifs sont vigoureusement marqués et se laissent plus aisément saisir. Pour la diffusion du Gulf-Stream à travers l'Atlantique nord, les recherches demeurèrent longtemps plus discursives. Elles ne consistaient qu'en mesures prises, le long d'itinéraires très distants les uns des autres, par des bateaux scientifiques et hydrographiques de nationalités diverses, depuis le *Challenger* de Nares en 1873 jusqu'à l'*Armauer Hansen* de B. Helland Hansen et de Nansen en 1926. Cependant, les méthodes et les vues générales de la science changeaient. Elles nécessitaient des recherches plus étendues et plus détaillées. Depuis 1931, l'Institution océanographique Woods Hole de l'Université de Massachusetts s'est consacrée à l'étude du problème du Gulf-Stream, non seulement au courant de Floride, mais en dehors et au delà de ce courant. Nous connaissons depuis peu les résultats des croisières faites par le bateau scientifique de cette institution, l'*Atlantis*, de 1931 à 1934 [3]. Sans résoudre complètement les questions posées, les données nouvelles nous permettent de présenter au public français une approximation plus serrée de la notion scientifique du Gulf-Stream.

II. — Observations et méthodes.

Comme les autres grands courants marins, le Gulf-Stream a été traité d'abord exclusivement comme un phénomène de surface. La pratique de la navigation n'était intéressée à le considérer que sous cet aspect. Beaucoup d'esprits répugnaient à penser que l'Océan fût agité par des mouvements de profondeur. Enfin, pour constater et pour mesurer les mouvements de subsurface et surtout les mouvements profonds, les moyens d'investigation ont longtemps fait défaut ou sont demeurés rudimentaires.

Les directions superficielles de courants indiquées sur les cartes nautiques résultent avant tout des différences constatées, à vingt-quatre heures de distance, entre le point estimé des navires et le point calculé astronomiquement. Cette différence représente, en effet, dans la route du navire, la dérive imposée par les mouvements superficiels de la mer. Le rapprochement de nombreuses dérives constatées de cette manière permet de représenter pour un secteur déterminé le courant de surface, comme le font les *Pilot-Charts* anglaises et américaines.

Quel que soit l'intérêt des journaux de bord des navires, les renseignements qu'ils donnent ne sauraient être acceptés les yeux fermés. Aussi la science a eu recours de bonne heure à d'autres moyens : mesureurs de courant et flotteurs abandonnés à eux-mêmes.

Les premiers bons mesureurs de courant, en surface et en subsurface, furent expérimentés par Sigsbee et par Pillsbury dans la partie la plus

1. F. MAURY. *Géogr. physique de la mer*, trad. franç. ch. I, § 1, p. 1-2.
2. J. MICHELET. *La mer*, p. 40-41.
3. ISELIN (C. O'D). *A study in the circulation of the Western north Atlantic*. (Papers in phys. oceanogr. and meteorol. published by Woods Hole oceanographic Institution, vol. IV, n° 4, contrib. n° 108, Cambridge, Mass, 1936).

étroite du Gulf-Stream, le courant de Floride. D'autres appareils, dont le plus connu est le mesureur d'Ekman, permettent de constater les mouvements de surface et de subsurface. Le plus récemment imaginé, le moulinet Idrac, donne de bons résultats jusqu'à une profondeur de 500 mètres au moins.

Les flotteurs abandonnés au courant, avec l'indication des points où ils ont été mouillés, ont été employés également dans le domaine du Gulf-Stream, notamment par le prince Albert de Monaco qui en mit à l'eau un grand nombre sur la côte orientale de l'Amérique du Nord en 1889.

On a aussi utilisé les *derelicts*. On entend par ce mot les bateaux désemparés et abandonnés à eux-mêmes par leurs équipages. Ces épaves de la circulation marine dérivent assez longtemps avant de couler ou avant d'être détruites par les bateaux de surveillance. Elles sont particulièrement nombreuses dans la zone du Gulf-Stream, où se fait le mouvement de navigation le plus actif du globe [4].

Ces procédés ne peuvent suffire à nous donner une idée exacte de la circulation marine. Ils peuvent même nous induire gravement en erreur. Car, à l'exception des mesureurs de courants, ils ne donnent que des mesures de surface; les chiffres de dérive de ces mesures représentent tout autant les mouvements atmosphériques au-dessus de la surface de l'Océan que le mouvement propre des eaux. Navires, flotteurs et *derelicts* donnent prise au vent et obéissent avant tout à celui-ci.

Il n'y a guère que les grands icebergs des mers froides qui, malgré leur élévation au-dessus de l'eau, obéissent assez nettement au mouvement de la masse marine en subsurface, à cause de la grande disproportion qui existe entre leur masse émergée (1/5) et leur masse immergée (4/5 en moyenne).

Les mesureurs de courants échappent aux inconvénients des flotteurs. Mouillés toujours en subsurface, ils échappent à l'influence des agents atmosphériques; on peut les employer jusqu'à une profondeur parfois assez grande. Mais leur emploi est toujours délicat et difficile, même en subsurface, et on ne peut les utiliser pour les profondeurs moyennes et pour les grandes profondeurs.

Aussi, dès qu'il parut, au début des études d'océanographie physique, que la mesure des mouvements de subsurface et de profondeur était nécessaire, il fallut recourir aux méthodes indirectes, puis au calcul.

4. Itinéraire des derelicts, d'après O. Krümmel, dans C. VALLAUX, *Géogr. gén. des mers*, p. 434.

Les mesures thermométriques et densimétriques furent employées efficacement par Bartlett et par Pillsbury dans le courant de Floride en même temps que les mesureurs de courants. Mais le détroit de Floride n'est pas très profond. Lorsqu'il est question de mesurer les mouvements des masses océaniques de grande profondeur, la densimétrie ne peut être appliquée qu'au moyen d'une méthode de calcul qui donne la possibilité de trouver les mouvements qui en résultent.

Cette méthode a été déterminée par J. Bjerknes dans son hydrodynamique [5]; elle a été complétée, au point de vue des courants marins, par W. Ekman. Elle consiste essentiellement, pour une masse liquide donnée, à représenter l'intersection des surfaces *isostères* ou d'égal volume spécifique avec les surfaces *isobares* ou d'égale pression. Le volume spécifique est la réciproque de la densité, qui dépend elle-même de la température (indice thermique) et de la salinité (indice halin). Les surfaces isobares dépendent de la profondeur. A ces données W. Ekman a ajouté la donnée de *turbulence*, qui dépend du frottement du vent en surface et de la profondeur totale de la masse marine considérée. A un calculateur qui dispose de sondages bathymétriques et de mesures d'indice thermique et halin en quantité suffisante, les équations de Bjerknes, enrichies par Ekman, permettent de chiffrer, à une profondeur quelconque, le mouvement vrai d'une masse marine.

La validité de la méthode de Bjerknes et d'Ekman a été brillamment démontrée par G. Wüst lorsqu'il a comparé pour le courant de Floride, en surface et en profondeur, les chiffres obtenus au moyen de cette méthode avec les résultats des mesures directes faites par Pillsbury. La concordance est frappante [6].

Cependant, cette concordance ne s'est trouvée complète que pour deux raisons : le courant de Floride est étroit et peu profond; par la netteté de ses caractères distinctifs, il représente presque le *corps liquide* d'expérience, nettement séparé du milieu où il baigne. Il est évident que c'est là une condition idéale pour l'application de la méthode de Bjerknes. Il est évident aussi que cette condition ne se retrouve pas partout; notamment, pour l'immense zone du Gulf-Stream en dehors du courant de Floride, les contours des *corps liquides* sont bien loin d'être déterminés d'une manière aussi précise; la *turbulence* admise

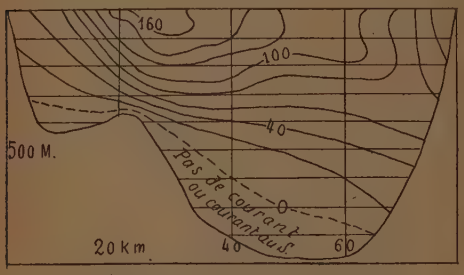
5. BJERKNES (V.) and SANDSTRÖM (J. M). *Dynamic meteorology and hydrography*. Pt I and II. Carnegie Inst. Washington, 1910-1911.

6. WÜST (G.). *Florida und Antillenstrom, eine hydrodynamische Untersuchung* (Veröff. des Inst. für Meeresk. neue Folge. A. Geogr. naturw. Reihe, Heft 12). Berlin, 1924. V. Fig. 1.

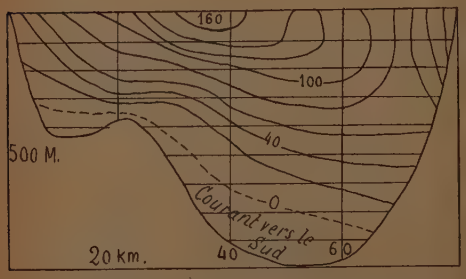
par Ekman devient souvent le facteur prépondérant.

Aussi les observations de pur empirisme, comme celles que pratiquait Pillsbury, ne sont pas toutes susceptibles d'être mises en équations. Souvent, il faut se contenter de les coordonner, le mieux possible, pour l'interprétation des mouvements océaniques.

C'est ce qu'ont fait, notamment, les observateurs de l'*Atlantis*. Ils ont déterminé par des graphiques, le mieux et le plus souvent possible, *la corrélation T-S* en profondeur, c'est-à-dire l'accord ou la discordance des indices thermiques et halins,



Résultats des mesureurs de courant



Résultats des calculs hydrodynamiques

Fig. 1. — Vitesse en cm/sec du courant de Floride en surface et en profondeur.

au moyen desquels furent déterminés la *direction* du mouvement des eaux et le *coefficient de mélange* des eaux profondes. Dans cette corrélation, l'indice thermique conserve toujours une place prépondérante, notamment pour la zone occidentale de l'Atlantique nord où se développe le Gulf-Stream. Lorsque les *corps liquides* ainsi considérés paraissent, par la corrélation des indices, suffisamment simples et homogènes, une application des calculs dynamiques de Bjerknes permet de déterminer le degré de rapidité des mouvements profonds.

Est-ce à dire que nous ayons trouvé la méthode idéale et définitive qui nous donnera l'intelligence de la dynamique de l'Océan? Cela n'est pas certain.

Les observateurs de l'*Atlantis* n'ont donné aucune place à l'*indice d'oxygénation*. J'ai exposé aux lecteurs de cette Revue (15 décembre 1936) le puissant intérêt qu'offrait cet indice pour l'étude de la dynamique marine. Sans doute, les difficultés d'interprétation de l'indice sont grandes. Ce sont elles, peut-être, qui ont déterminé les observateurs de l'*Atlantis* à s'abstenir, au moins provisoirement. Mais je crois que pour l'intelligence de la dynamique marine, il faudra tôt ou tard en tenir compte.

J'en dirai autant des proportions de phosphates et de nitrates qui entrent dans la composition de l'eau de mer et qui, de mieux en mieux déterminées, prendront leur place dans les études de dynamique. Et cette liste n'est pas limitative.

III. — Le courant de Floride.

Le courant de Floride comprend à peu près tout l'espace maritime qui s'étend entre cette presqu'île, d'une part, l'île de Cuba et l'archipel des Bahama de l'autre : 100 milles de large et 1.000 à 1.500 mètres de profondeur sur le méridien de la Havane, 50 milles de large et 800 mètres de profondeur seulement au cap Canâveral. Ainsi le détroit s'étrangle et devient moins profond vers le nord, ce qui n'est pas étranger, selon les observateurs de l'*Atlantis*, à la rapidité du mouvement général des eaux (170 cm./sec. en surface), à leur indice thermique élevé, et à la coloration bleu indigo qui les oppose si nettement à l'étroite bande des eaux côtières.

Le courant provient de la mer des Antilles et emprunte le détroit de Yucatan pour parvenir au détroit de Floride. Le golfe du Mexique, considéré par Franklin comme la source du courant, n'y contribue que pour une part très faible, si même il y contribue pour quoi que ce soit. Les eaux en mouvement de la mer des Antilles, en surface et en profondeur, sont elles-mêmes alimentées par le grand courant nord-équatorial, dont les 2/5 passent par les détroits des Petites Antilles. Nous verrons ce que deviennent les 3/5 restants.

Les observations récentes rapportées par A. E. Parr indiquent qu'en profondeur, les eaux de la mer des Antilles ont du S. au N. un gradient marqué révélé par la pente des isothermes et des isohalines[7]. En d'autres termes ces eaux, dans leur marche d'E. en O., penchent vers la droite du sens du courant. Elles se conforment ainsi à la

7. PARR (A. E.). *A contribution to the hydrography of the Caribbean and Cayman Seas* (Bull. of the Bingham oceanogr. Collection, Yale University, vol. V. art. 4) New-Haven, Conn. 1937.

loi de Coriolis sur la déviation imposée à un corps en mouvement, dans l'hémisphère nord, par la rotation terrestre. Dans tout son périple, le Gulf-Stream, en profondeur plus qu'en surface, se conforme à la même loi, sauf, semble-t-il, lorsque la topographie sous-marine lui impose d'autres inflexions.

Pillsbury avait obtenu par l'observation les indices dynamiques, thermiques et halins du courant de Floride sur six profils en travers dont la concordance avec les calculs dynamiques, sur des sections étroites, a démontré que les équations hydrodynamiques de Bjerknes trouvent dans un cadre restreint une application efficace. Les observateurs de l'*Atlantis* ont repris le travail de Pillsbury sur un cadre un peu plus vaste, de manière à saisir les traits du courant, non seulement dans sa partie resserrée, mais dans la zone jusqu'ici mal connue où il vient en contact avec les eaux du large. Le premier profil de l'*Atlantis* se trouve dans le canal de Floride, sur le parallèle du cap Canâveral, le second à 120 milles au nord, au large de Jacksonville, et le troisième au large de la baie d'Onslow, à 180 milles au nord des parages de Jacksonville.

Dans les trois sections, les isolines (isothermes et isohalines), montrent une pente accentuée d'ouest en est en rapport avec la force de Coriolis. Le maximum de pente se trouve dans tous les cas entre 300 et 500 mètres, alors que l'on pensait jusqu'ici que d'isobathe en isobathe, l'angle de pente était à peu près partout le même. Aux stations occidentales se produit un mélange dans les couches supérieures qui n'est qu'un effet de turbulence et qui, selon Iselin, pourrait comporter une montée d'eaux de fond, ce qui est conforme aux anciennes hypothèses de travail de Buchanan, d'Ekman et de Sandström. A mesure qu'on avance au N. du cap Canâveral, le courant gagne en profondeur; la partie la plus rapide se trouve au large de Jacksonville entre 200 et 800 mètres, c'est-à-dire au-dessus du talus continental; cela se vérifie encore au parallèle de la baie d'Onslow, là où le courant entre définitivement dans les eaux profondes et cesse, selon la terminologie de l'*Atlantis*, d'être le *courant de Floride* pour devenir le *Gulf-Stream* proprement dit[8].

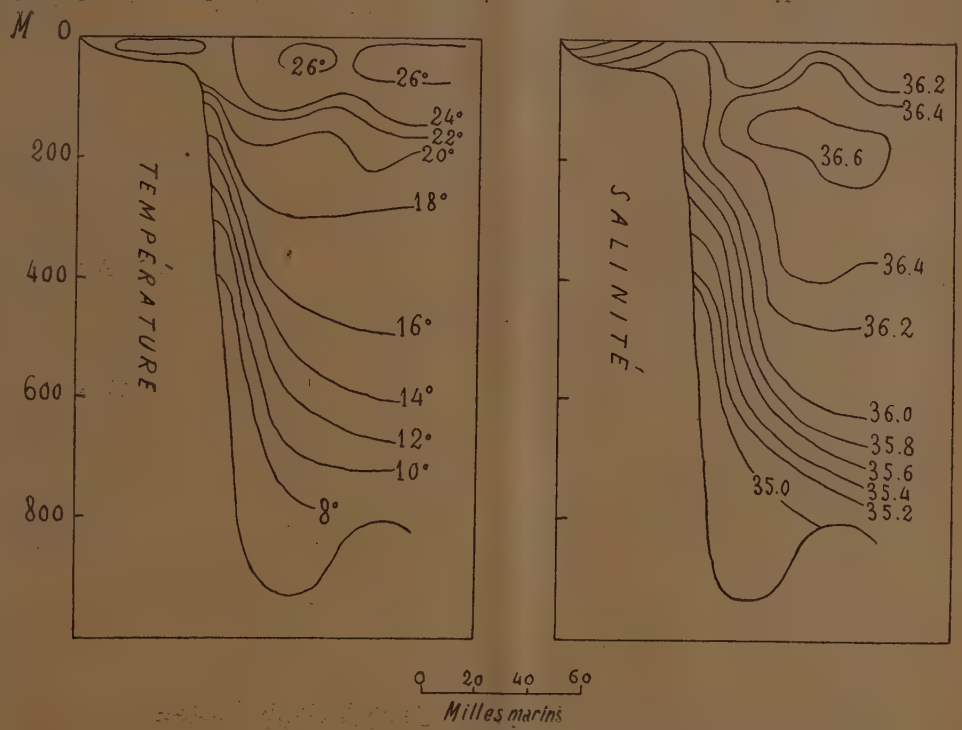


Fig. 2. — Le courant de Floride au large de Jacksonville d'après les observations de l'*Atlantis*.

G. Wüst, d'après les observations de Pillsbury et les calculs hydrodynamiques, évalue à 25 millions de m³/sec. le débit du courant de Floride juste au point où il rejoint le courant des Antilles et les eaux du large, c'est-à-dire au cap Canâveral (28° lat. N.). Les observateurs de l'*Atlantis* adop-

8. Fig. 2.

tent cette évaluation qui ne peut guère être contestée. Mais, dès le parallèle du cap Canâveral, le courant de Floride perd son homogénéité première. Des remous et des girations secondaires se dessinent sur les deux bords à l'ouest et à l'est. Il y a même, en plein courant, des stries en sens opposé à la direction générale. Dès le cap Canâveral, la complexité croissante du phénomène s'oppose à une simple application des calculs fondés sur les constantes des différents corps liquides. Rien ne peut remplacer les observations directes, nombreuses et minutieuses. Cela est encore plus vrai pour le développement ultérieur du Gulf-Stream vers le nord.

A mesure que le courant se détache du talus continental et empiète sur le large, sa profondeur augmente. Dès le parallèle de la baie d'Onslow, il est discernable jusqu'à 1.400 mètres. Sa largeur augmente aussi. Mais elle se fixe rapidement à un maximum de 130 milles qu'elle ne dépassera plus jusqu'au méridien du Grand Banc de Terre-Neuve, c'est-à-dire jusqu'au méridien où commencent les digitations du courant. Il y a là un fait nouveau que les croisières de l'*Atlantis* nous ont révélé.

IV. — Le courant des Antilles et la mer des Sargasses.

C'est au N. du cap Canâveral que le courant de Floride est rejoint par le *courant des Antilles*, c'est-à-dire par les eaux, venues du courant nord équatorial, qui passent au N. des Grandes Antilles en direction du S. E. au N.-O.

O. Krümmel, il y a un quart de siècle, au mépris des observations de Bartlett et de Pillsbury, faisait du courant des Antilles, *en surface*, la principale artère génératrice du Gulf-Stream [9]. C'était assurément une erreur : G. Wüst l'a montré en indiquant qu'en surface et en subsurface, le courant des Antilles ne transporte guère que 12 millions de m^3/sec., à peine la moitié du débit du courant de Floride; le premier courant est aussi bien moins rapide et moins bien marqué que le second.

Les observations de l'*Atlantis* confirment *pour la surface* les inductions de G. Wüst. Il n'en est pas de même *pour la profondeur :* là intervient un énorme afflux d'eaux qui fait plus que tripler, comme nous le verrons, le volume du courant de Floride.

Mais ces eaux ne peuvent être représentées par l'étroite strie superficielle qui symbolise sur les cartes le courant des Antilles. Elles comportent en réalité tout l'afflux de profondeur qui se produit d'E. en O. entre 20° et 30° lat. N., c'est-à-dire la majeure partie (3/5) du courant nord équatorial, et une grande partie des eaux de moyenne profondeur de la mer des Sargasses. Toutes ces eaux font du courant de Floride, à son débouché dans les mers du large, une masse puissante et profonde, avec un actif mélange interne. Alors commence vraiment le *système* du Gulf-Stream.

La mer des Sargasses, considérée jusqu'ici comme une zone d'inertie ou de faibles mouvements de turbulence, contribue donc pour une grande part, selon les observations de l'*Atlantis*, à la circulation de l'Atlantique nord.

Cette mer des Sargasses, d'une étendue moyenne de 4 millions de km^2, huit fois la France, est définie d'ordinaire au moyen des touffes de sargasses (algues du large) flottant à la dérive et tournoyant au gré des vents. On peut définir cette zone d'une manière plus précise par ses limites hydrologiques, très nettes en profondeur au N.-O. et au N. où le système du Gulf-Stream fait une barrière permanente et presque rigide, moins certaines au N.-E. à cause de l'extension en profondeur des eaux dites *méditerranéennes* vers le centre de l'Atlantique, et au S. à cause des variations saisonnières du courant nord-équatorial, alors que le Gulf-Stream est à peu près soustrait aux variations de cet ordre.

Dans les conceptions modernes, la mer des Sargasses devient donc une des grandes sources du système du Gulf-Stream.

Pourtant, la stabilité de la mer des Sargasses dans le sens vertical, démontrée par la corrélation des indices thermiques et halins, au moins jusqu'à 1,500 mètres de profondeur, paraît exclure tout mouvement latéral des eaux vers le système du Gulf-Stream. Aussi les observateurs de l'*Atlantis* s'inscrivent en faux contre toute *descente de masse* (convection verticale) des eaux alourdies par l'évaporation, selon l'hypothèse soutenue par Buchanan, par Ekman, par Sandström et par nous-même. Mais Iselin reconnaît que si cette *descente de masse* n'a pas lieu, il y a certainement dans les eaux de la mer des Sargasses des *mouvements de turbulence* peu discernables par les procédés ordinaires d'observation : ces mouvements concorderaient avec le grand afflux de profondeur des eaux vers le Gulf-Stream. Rien ne montre mieux que, malgré leur efficacité reconnue, les procédés actuels d'observation sont encore insuffisants : il faut les enrichir.

V. — Le système du Gulf-Stream et le drift de l'Atlantique nord.

En surface, le grand courant de l'Atlantique nord paraît constitué à partir de la réunion du

9. O. KRÜMMEL, *Handb. der Ozeanogr.* 2te Aufl. II, 550.

courant de Floride et du courant des Antilles. Mais, en profondeur, son volume continue à s'accroître.

Les observations de l'*Atlantis* sur le triangle baie de Chesapeake-Bermudes-Nouvelle Ecosse ont permis de déterminer les vrais caractères du Gulf-Stream jusqu'à la ligne où commencent les digitations du courant dans l'Atlantique nord, vers le 55e méridien occidental (méridien du Grand Banc de Terre-Neuve).

A partir de la côte de l'Amérique du Nord viennent les *eaux côtières* du plateau continental,

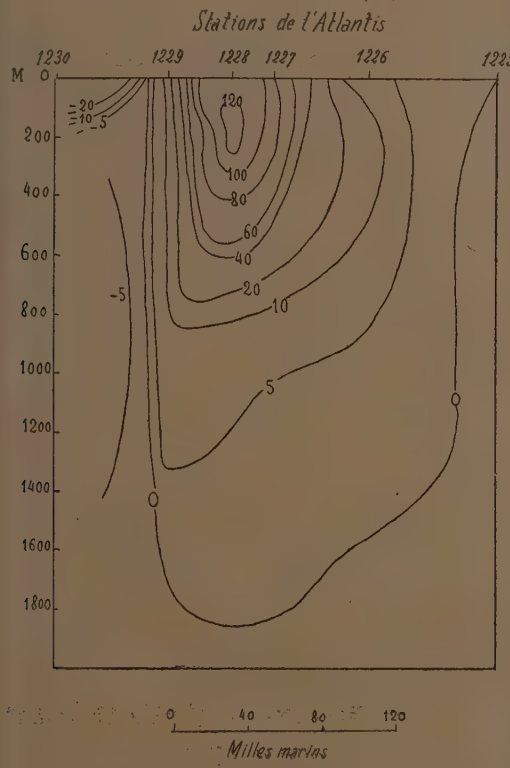


Fig. 3. — Vitesse du Gulf-Stream calculée en cm/sec à hauteur de la baie de Chesapeake. Courants de signe négatif de sens contraire.

sur une largeur croissante vers le nord (de 20 à 170 milles). On y constate un mélange actif des eaux douces et des eaux marines de surface et de profondeur. Les variations saisonnières sont importantes.

Il y a aussi de grandes variations dans les indices thermiques et halins des *eaux de pente* (*slope water*), qui surmontent, au delà des eaux côtières, les fonds du talus continental (200 à 900 mètres). Les variations saisonnières sont à peu près de même signe que celles que l'on relève au delà du Gulf-Stream dans la mer des Sargasses; mais les oscillations sont plus grandes dans la *slope water* (entre février et août, de 12° à 26° C pour la température et de 34.5 à 33.6 °/₀₀ pour la salinité). Les eaux de pente correspondent à peu près à ce qu'on appelait jusqu'ici le mur froid (*cold wall*) du Gulf-Stream.

Entre les eaux de pente et la mer des Sargasses se développe le Gulf-Stream sur une largeur à peu près uniforme de 130 milles entre la baie de Chesapeake et le grand banc de Terre-Neuve, avec une profondeur qui atteint au moins 1.800 mètres et une vitesse moyenne que les calculs dynamiques permettent d'estimer entre 120 cm/sec. en surface et 5 cm/sec en profondeur à hauteur de la baie de Chesapeake [10].

Ainsi, le Gulf-Stream ne s'épanouit point largement en surface à partir du cap Hatteras, comme on le supposait généralement jusqu'ici.

Mais, en profondeur, il occupe un volume beaucoup plus grand, de sorte que son débit, d'après les stations et les calculs de l'*Atlantis*, atteint au moins 82 millions de m³/sec. à hauteur de la baie de Chesapeake, le triple du courant de Floride.

Cet accroissement ne vient que pour une quantité assez faible (12 millions de m³/sec.) du courant des Antilles. La majeure partie provient en subsurface et en moyenne profondeur des apports directs de la mer des Sargasses et du courant nord équatorial. Une partie provient aussi d'un courant de retour (*return flow*) qui se forme en profondeur dans la région des Grands Bancs et rejoint le Gulf-Stream au S.-O. des Bermudes. Il y a là une vraie découverte faite par les observateurs de l'*Atlantis*. C'est un exemple remarquable des *giration secondaires* de grands courants, en sens inverse de la direction générale, sur lesquelles j'ai attiré l'attention des lecteurs de la *Revue générale des Sciences* [11].

Si en surface les eaux du Gulf-Stream sont généralement chaudes (+ 20° C. à hauteur de la baie de Chesapeake), en profondeur elles ne se distinguent point de cette manière des nappes liquides voisines de la mer des Sargasses, au moins à partir de l'isobathe de 900 mètres où se trouve en général dans la mer des Sargasses l'isotherme de + 10° C. Ce qui distingue le Gulf-Stream en profondeur comme en surface, c'est, avec le mouvement des eaux, la constance des indices thermiques et halins à travers toutes les saisons. Le courant est à peu près soustrait aux variations saisonnières qui se font sentir par-

10. Fig. 3.

11. G. VALLAUX. *Les courants océaniques de surface et, les giration secondaires* (Rev. Gén. des Sciences, 30 avril 1935).

tout autour de lui jusqu'à une assez grande profondeur.

Au méridien du Grand Banc commence ce qu'on appelle traditionnellement en surface le *delta* du Gulf-Stream, c'est-à-dire la division du courant en plusieurs branches orientées du N. au S. en passant par l'E.

Les observations de l'*Atlantis* au centre de l'Atlantique ont rendu incontestable la continuité du Gulf-Stream, malgré ces digitations. La continuité est même plus accusée en profondeur qu'en surface. Tandis qu'en surface le courant de l'Atlantique nord obéit aux vents variables, moins constants que les alizés, en subsurface et en profondeur le courant obéit à ses lois propres qui ne changent guère au cours de l'année. Il faut faire exception pour la branche nord, qui est limitrophe du courant du Labrador et des courants de profondeur subarctiques et qui est influencée par eux.

Les branches du Gulf-Stream au centre de l'Atlantique nord sont au nombre de trois. La *branche nord*, la plus puissante, mais aussi la moins profonde, se dirige du S. au N., puis vers l'E., sur une largeur qui, en juillet 1931, était de 140 milles au 52° lat. N. La *branche centrale*, dirigée à l'E., traverse la crête centrale atlantique vers 46°30 lat. N. La *branche méridionale* est celle qui plonge dans la mer des Sargasses et détermine le courant de retour des Bermudes. Pour les trois branches, la pente des isolines du N. au S. est très accentuée, ce qui montre la force croissante, vers les hautes latitudes, de la déviation due à la rotation terrestre. Pour les trois branches, la topographie sous-marine se fait sentir sur les déviations du courant dès qu'il y a des accidents marqués, comme l'*Atlantis* le constata au banc de Faraday et aux Bermudes. Pour les trois branches, enfin, les actifs mélanges internes qui modifient le volume des corps liquides en mouvement sont indubitables : les branches du Gulf-Stream, comme le Gulf-Stream lui-même, ne sont pas des fleuves entre des rivages.

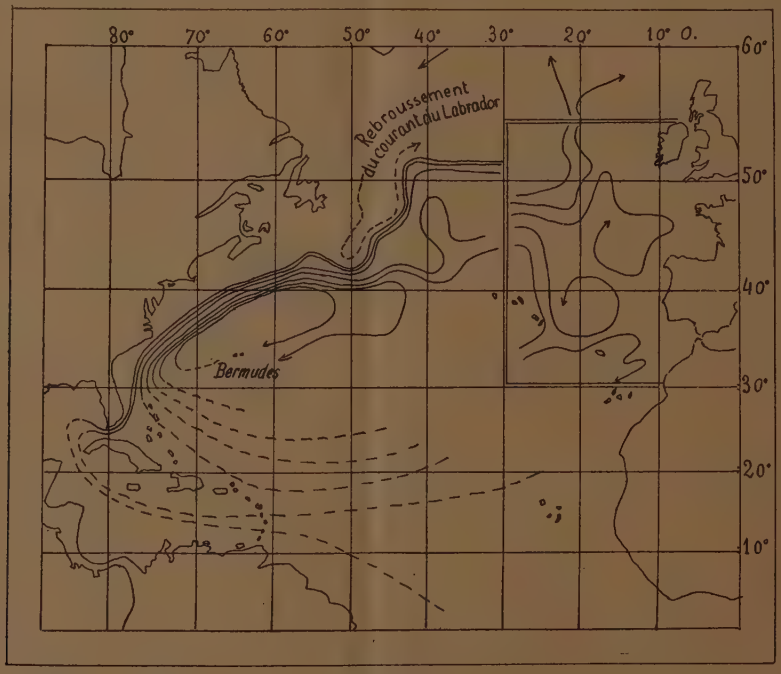


Fig. 4. — Courants d'origine — — — et grandes orientations ——— du Gulf-Stream. A l'O., chaque ligne de courant représente approximativement 12 millions de m³/sec. Partie encadrée au N.-E. d'après B. HELLAND HANSEN et F. NANSEN.

C. O'. D. Iselin, en rapportant les observations de l'*Atlantis*, a jugé utile de les compléter, pour la partie orientale de l'Atlantique nord que l'*Atlantis* n'a pas explorée, au moyen des renseignements récents (1926), recueillis, avec des méthodes analogues, par B. Helland Hansen et F. Nansen sur l'*Armauer Hansen*. Les courants de profondeur déterminés par ceux-ci entre 1.200 et 1.400 mètres concordent bien, malgré leurs

girations où se fait sentir nettement l'influence de la topographie de profondeur, avec la vue générale d'un afflux du Gulf-Stream vers les côtes de l'Europe-Afrique. Les discordances secondaires que l'on peut remarquer sur la carte entre les directions de l'*Atlantis* et celles de l'*Armauer Hansen* proviennent, soit d'oscillations réelles dans le mouvement des masses liquides, soit de divergences dans les méthodes d'observation [12].

L'extension du Gulf-Stream en profondeur à l'E. de l'Atlantique nord coïncide avec un phénomène que cette extension n'explique pas, celui d'une anomalie positive de la salinité aux profondeurs moyennes dans cette partie de l'Océan.

Ces eaux plus riches en sels sont attribuées à l'afflux en profondeur des eaux de la Méditerranée. Beaucoup d'océanographes, notamment en Allemagne, donnent une grande importance à l'apport des eaux méditerranéennes dans l'économie de la circulation atlantique.

Il y a là une exagération que j'ai déjà eu l'occasion de relever [13]. C. O'. D. Iselin se montre sur ce point d'accord avec moi. Si on prend pour base les évaluations de Nielsen à la suite de l'expédition du *Thor*, c'est-à-dire un afflux annuel de 56.200 km³ d'eaux méditerranéennes dans l'Atlantique, on ne peut penser que ces eaux puissent aller bien loin sans perdre leur individualité dans la masse générale de l'Océan, par suite de ce mélange interne (*internal mixing*), dont les observations de l'*Atlantis* nous ont montré l'effet en subsurface et aux profondeurs moyennes. Les eaux de la Méditerranée entrent dans l'Atlantique aux niveaux de 200-300 mètres avec une salinité de 38‰. Les eaux de forte salinité qui existent dans l'Atlantique nord-oriental se trouvent aux niveaux de 1.000-1.200 mètres avec un indice de 36 ‰ seulement, qui indique bien le mélange qu'elles ont subi dans leur glissement en profondeur.

VI. — Conclusion.

On dissertera longtemps encore sur les bienfaits du Gulf-Stream pour les côtes d'Europe, notamment sur l'adoucissement de climat qui en résulte pour elles jusqu'à l'extrême nord : la plus forte anomalie thermique positive, comme dit Nansen, qui existe sur la terre entière.

Mais ces dissertations n'auront une valeur scientifique certaine que lorsque nous posséderons une longue série d'observations de météorologie et d'océanographie sur les variations thermiques concordantes ou discordantes de l'atmosphère et des eaux dans la zone du Gulf-Stream.

Ce qui aujourd'hui ne peut plus être mis en doute, au point de vue scientifique, c'est la continuité du grand courant, en surface et en profondeur, depuis le canal de Floride jusqu'aux côtes d'Europe, à travers l'Atlantique nord.

Il ne serait même pas nécessaire d'étayer scientifiquement un fait bien connu depuis Franklin, s'il n'avait pas été nié en France, depuis une quinzaine d'années, par la théorie connue sous le nom de *théorie des transgressions* et exposée par Ed. Le Danois [14].

Ed. Le Danois entend par transgressions, terme emprunté à la géologie, les mouvements périodiques des eaux de surface et de subsurface qui se produisent dans l'Atlantique central et oriental : rétraction vers le S. en hiver, extension vers le N. en été (*systole et diastole*). Ces mouvements, pour lui, ne sont point des courants, mais des dilatations ou des contractions de l'eau océanique : donc, de simples modifications de volume d'origine essentiellement saisonnière, avec des variations dans le temps d'une périodicité astronomique ou cosmique (je prends les termes mêmes dont se sert l'auteur de la théorie).

A la base de cette théorie existent deux postulats : le courant de Floride ou Gulf-Stream cesse d'exister entre le 40e et le 50e méridien ; les masses liquides de signe différent, au point de vue thermique et surtout au point de vue halin, ne se mélangent jamais (principe de l'*immixibilité* des eaux).

Ces deux postulats sont radicalement détruits par les recherches de l'*Atlantis* dont nous venons d'exposer les résultats.

La continuité du Gulf-Stream en surface et en profondeur, à travers l'Atlantique nord, n'est pas niable. Le mélange interne des eaux en grandes masses (*internal mixing*) n'est pas niable non plus : les observations de l'*Atlantis* l'ont constaté avec une grande précision dans le Gulf-Stream, dans le courant nord équatorial et sur les limites de la mer des Sargasses.

La théorie des transgressions attribue une importance excessive au degré de salinité au point de vue de la séparation des eaux en *corps liquides* différents qui ne sauraient se mélanger. Pour l'indice thermique, la théorie l'interprète comme fac-

12. Fig. 4.

13. C. VALLAUX. *Géogr. gén. des mers*, p. 413.

14. LE DANOIS (Ed). *Sur l'hydrologie de l'Atlantique nord* (*C. R. Ac. Sciences*, t. CLXXV, p. 611, 16 oct. 1922) ; *Les transgressions océaniques* (*Rev. de l'Off. des Pêches*, tome VII fasc. 4, déc. 1934).

teur, par dilatation, de l'augmentation estivale de volume des eaux équatoriales, moteur premier des transgressions. Il convient de se demander si l'effet de la dilatation des eaux, au point de vue de l'augmentation du volume, n'est pas combattu efficacement, et au delà, en surface et en subsurface, par d'autres forces agissant simultanément, telles que l'évaporation, pour laquelle nous commençons à avoir des données numériques [15] : au point de vue du volume des eaux océaniques, l'effet de l'évaporation est évidemment opposé à celui de la dilatation estivale.

Camille Vallaux.

15. Cherubim (R). *Uber Verdunstungsmesung auf See* (Ann. der Hydr. v. mar. Meteor LIX Jahrg. Heft IX, 1931). Wüst (G). *Ober flächensalzgehalt Verdunstung und Niederschlag auf dem Weltmeere* (Assoc. océanog. Phys. Procès verbaux, n° 2, p. 79-83. 1937.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Dr Schwidefsky (K.). — **Einfuhrung in die luft-und erdbildmessung,** *B. G. Teubner, Leipzig et Berlin.*

Introduction à la photogramétrie aérienne et terrestre, par le Dr K. Schwidefsky, *collaborateur scientifique aux Établissements C. Zeiss, Iéna (Août 1936).*

Ce petit ouvrage est consacré exclusivement aux applications cartographiques de la photogrammétrie terrestre et aérienne.

Il marque une préférence, dont on ne peut être surpris, en faveur de la méthode stéréophotogrammétrique, particulièrement développée en Allemagne, ainsi que des matériels de prise de vues et de restitution construits par les Etablissements Zeiss.

L'auteur passe peut-être un peu trop rapidement sur la méthode du redressement et sur les solutions purement géométriques, sur les appareils de restitution, par clichés isolés ou par couples, réalisés en France, en Italie, en Suisse, etc..., sur la bibliographie étrangère, — enfin sur les applications très variées de la Photogrammétrie, en dehors du problème cartographique proprement dit.

Mais, tel quel, l'ouvrage de M. Schwidefsky répond bien à l'objet défini par son titre : il donne un résumé substantiel de l'état actuel des choses dans la cartographie photogrammétrique allemande, et fournit aux élèves des Ecoles techniques le moyen de commencer leurs études, aux Professeurs de la spécialité un plan élémentaire d'enseignement.

Cet ouvrage, rédigé avec clarté et sans abuser des développements mathématiques, constituera un guide pratique très précieux pour les topographes et géomètres allemands qui débuteront dans la cartographie photogrammétrique, en même temps qu'une base solide pour un Enseignement plus complet de la Photogrammétrie générale et de ses nombreuses applications dans tous les domaines.

H. Roussilhe.

***

Trefftz (E.). — **Graphostatik** (Teubners mathematische leitfäden band 42). — *1 vol. in-8° de 90 pages. Leipzig, Teubner, édit.*, 1936.

Le manuel de M. le Professeur Trefftz, présente d'une manière à la fois élégante et précise un résumé des méthodes et des applications élémentaires de la statique graphique dont la connaissance est indispensable à tout ingénieur.

Quoique celle-ci ait pour but de résoudre des problèmes essentiellement concrets, elle n'en repose pas moins sur des bases théoriques auxquelles l'instrument mathématiques permet de donner des formes précises et générales. Un bon traité de statique graphique doit donner à ces bases tous ses soins, moins en entrant dans les détails qu'en exposant clairement à la fois les principes et la manière dont on arrivera à l'expression mathématique de ceux-ci. C'est ce que fait le professeur Trefftz. Après avoir dans deux premiers chapitres exposé les principes relatifs aux systèmes de forces appliquées aux corps solides ainsi que leur représentation analytique, le troisième chapitre applique ces principes aux principaux types d'ouvrages d'art ce qui conduit aux théorèmes classiques de la statique graphique proprement dite. Le quatrième chapitre étudie le problème des moments d'inertie et ses applications tandis que le cinquième chapitre examine plus spécialement la flexion des poutres comme application des principes vus précédemment.

G. P.

2° Sciences physiques et chimiques.

Mathieu (Marcel) — **Réactions topochimiques (généralités). La Nitration de la cellulose. La Gélatinisation des nitro-celluloses,** — *3 vol. in-8° de 58, 66 et 74 pages,* des Actualités Scientifiques et Industrielles, *Hermann et Cie, Paris,* 1936. *Prix : 12 francs chacun.*

Les composés formés par la polymérisation de groupes moléculaires simples présentent des propriété-

tés très complexes, bien difficiles à interpréter avec les lois usuelles de la chimie ou de la physico-chimie. Ce sont ces propriétés qu'a envisagées principalement M. Marcel Mathieu dans la belle étude qu'il a consacrée aux réactions topochimiques. Il montre notamment que les caractères essentiels des corps polymères sont en relation immédiate avec la grande dissymétrie des molécules formées de chaînes qui les constituent. Il montre également qu'au cours des réactions chimiques sur les corps polymères, le schéma général se conserve.

Après avoir énoncé quelques principes généraux susceptibles de présider aux réactions topochimiques, l'auteur illustre ces considérations théoriques par les résultats des recherches d'un grand intérêt qu'il a effectuées personnellement sur la nitration de la cellulose et sur l'action de l'acétone sur la nitrocellulose. Il montre que ces deux groupes de réactions peuvent être considérés comme des types même de réactions topochimiques dans lesquelles la structure fibreuse de la matière est conservée, les réactions s'accomplissant au sein même des cristallites, sans en modifier la structure. Il a été amené à proposer une structure approchée des nitrocelluloses, à définir le phénomène de gélatinisation et à préciser ce qu'on peut appeler dispersion des molécules en solutions. A diverses reprises il a insisté sur l'intérêt qu'il peut y avoir à suivre la marche des réactions portant sur les composés polymérisés à l'aide d'examen de structure par les rayons X.

Il ne semble pas douteux que les importants résultats ainsi établis puissent s'étendre à de nombreux autres cas et permettre notamment d'interpréter divers processus biologiques. Aussi pensons-nous que le travail de M. Mathieu est susceptible d'intéresser de nombreux physiciens et chimistes à qui il fournira des idées originales susceptibles de constituer le point de départ de recherches ultérieures.

A. Boutaric.

⁂

Maurain (Ch.), *Membre de l'Institut.* — **Magnétisme et électricité terrestre.** *Fascicule I.* **Magnétisme terrestre.** — *1 vol. in-8° de 63 pages, avec figures.* Actualités Scientifiques et Industrielles. *Hermann, Paris. (Prix : 15 fr.).*

Le premier fascicule de l'ouvrage dont M. Charles Maurain entreprend la publication sur le magnétisme et l'électricité terrestres est consacré à l'étude du *Magnétisme terrestre.* L'auteur expose, avec l'élégante précision et la clarté qui caractérisent toutes ses publications, l'état actuel des données expérimentales dans ce domaine et des principales théories qui ont été proposées.

Après un bref résumé des connaissances générales relatives au magnétisme terrestre, il en étudie successivement les variations séculaires, périodiques et accidentelles; il envisage ensuite les aurores polaires et les courants telluriques. Dans tous ces domaines, il porte principalement son attention sur les données expérimentales qui se sont accumulées et précisées principalement au cours des trente dernières années et sur les relations existant entre l'activité solaire d'une part et l'amplitude des variations magnétiques, l'intensité des courants telluriques et des aurores polaires d'autre part. Ces relations, que M. Charles Maurain a contribué à préciser sur plus d'un point par ses travaux originaux, sont de la plus haute utilité pour le contrôle des multiples théories qui ont été élaborées tant pour rendre compte des perturbations magnétiques et des aurores polaires que pour interpréter l'origine du champ magnétique terrestre. On trouvera une discussion serrée de ces diverses théories dans le dernier chapitre du présent fascicule dont l'ensemble constitue une remarquable mise au point de questions fort complexes et parfois encore obscures, mais aussi fort captivantes par la multitude des aperçus nouveaux qu'elles soulèvent.

A. Boutaric.

3° Sciences naturelles.

Prenant (M.). — **Protozoaires. Flagellés.** *Leçons de Zoologie.* Actualités Scientifiques et Industrielles, n° 296. *Hermann et Cie, Paris.* 1935.

Les caractères de leur appareil locomoteur réunissent, dans le groupe des Flagellés, des Protistes très divers dont beaucoup, par leur physiologie se rattachent à des algues et à des champignons. La présence des pigments respiratoires est même le caractère distinctif de groupes importants : Chloroflagellés, Phéoflagellés; tandis que les Mycoflagellés sont des champignons parasites. Le parasitisme, dont on trouve des cas dans tous les groupes, diversifie beaucoup les cycles. L'appareil locomoteur a fait l'objet d'un grand nombre de travaux récents apportant des notions nouvelles. Les rapports sont discutés entre les différentes parties de l'appareil locomoteur; flagelles, blépharoplastes, rhizoplastes, l'axostyle, et le corps parabasal. Les notions de cinétides et d'énergides sont exposées avec les cas de polymorphisme qu'on observe dans les phases du cycle d'une même espèce. La reproduction, surtout chez les parasites, présente une grande diversité.

La liste des principaux travaux récents à consulter est subdivisée d'une façon commode qui permet de se mettre rapidement au courant des questions actuelles.

L. S.

⁂

Le Problème de l'Alimentation. — *Société des Nations. Service des Publications. Genève.*

Dans ce rapport d'une clarté remarquable, les conditions pour réaliser une alimentation optimum sont mises en évidence. La qualité de l'aliment a plus d'importance que sa quantité, spécialement pendant l'enfance et pendant la gestation. Les substances nécessaires à la croissance et à la reconstitu-

tion de l'organisme ainsi qu'à la production de la chaleur animale et au travail musculaire sont connues depuis longtemps. Les auteurs insistent sur des éléments alimentaires, éléments protecteurs de l'économie dont le rôle physiologique a été récemment découvert : les *Vitamines* et les *Minéraux*.

Parmi les aliments riches en vitamines et en minéraux il convient de placer en tête de liste : le lait, le fromage, les œufs et le foie.

Les rapporteurs font campagne pour que ces aliments précieux pour la Santé diminuent de prix et soient accessible à toute les bourses... le bien-aise social en dépend.

Les auteurs s'inquiètent de l'insuffisance alimentaire de certains peuples mais ils ne parlent pas des excès alimentaires qui causent aussi des dérythmies importantes et aboutissent à des maladies graves.

Ne fallait-il pas aussi insister sur l'individualité des réactions à une époque où l'étude des tempéraments occupe de nouveau une place importante dans les investigations scientifiques : chacun connaît des exemples d'intolérance au lait et aux œufs. Des règles trop rigides sont brisées par l'élan de vie qui est personnel.

René Porak.

4° Sciences médicales

Saidman (J.), *directeur-fondateur de l'Institut d'Actinologie*, et **Meyer** (Jean), *chef de laboratoire de Finsenthérapie à l'Hôpital Saint-Louis*. — **Les ondes courtes en thérapeutique.** — Préface du professeur d'Arsonval. — *1 vol. in-8° de 280 pages, avec 131 fig. dans le texte. G. Doin et Cie, éditeurs. Paris*, 1936 *(Prix : 45 fr.)*.

Le Dr Saidman, qui poursuit des recherches sur les ondes courtes depuis 1926, a publié en 1931, en collaboration avec R. Cahen, un ouvrage consacré aux ondes courtes; dans le monde entier c'est le premier livre qui ait été consacré à ce sujet. Depuis 1931 la technique des ondes s'est notablement perfectionnée et des centaines de travaux ont paru. Il a donc paru utile de mettre à jour la première monographie, mais l'ouvrage a été entièrement réécrit, en collaboration avec le Dr Jean Meyer.

C'est un ouvrage surtout clinique, où les auteurs s'efforcent de dégager les principales indications des ondes courtes et décrivent les techniques qui leur ont donné les meilleurs résultats.

Une documentation unique signale plus de 40 types d'appareils médicaux, donne un fil directeur dans le choix d'un appareil par le clinicien. La plupart des travaux parus en ces dernières années, y compris l'année 1935, sont mentionnés dans une bibliographie qui fait état de près de 500 publications.

Un grand nombre de schémas, aussi clairs que possible, résument les techniques préconisées par les auteurs.

A. L.

5° Art de l'Ingénieur.

Meunier (Louis) *et* **Vaney** (Clément), *avec la collaboration de* MM. Dr P. Chambard, Dr A. Jamet Dr C. Gastellu *et* R. Loos. — **La Tannerie.** *Tome I.* — *1 vol. in 8° de 804 pages, avec figures. Gauthier-Villars, éditeur, Paris*, 1936.

Sous le nom de tannage, on désigne l'ensemble des opérations ayant pour objet de transformer le derme de la peau des animaux en une substance imputrescible, à fibres isolées, présentant une certaine résistance à l'action de l'eau et qui constitue le cuir.

Dans le présent Ouvrage, les auteurs qui, par leurs recherches et leur enseignement, se sont acquis une autorité incontestée parmi les spécialistes, envisagent d'un point de vue très scientifique les divers problèmes techniques se rattachant au tannage. Leur exposé constitue, à cet égard, une heureuse innovation. Au lieu de se borner à la description des procédés pratiques et à l'énumération de tours de main, ils ont pensé, avec juste raison, qu'il était plus instructif et plus utile d'envisager ces opérations d'un point de vue scientifique en faisant intervenir les connaissances d'ordre physico-chimique nécessaires.

Ainsi, dans le premier chapitre, exposent-ils fort clairement les principales de ces connaissances en rappelant ce qu'il est important de savoir sur l'activité des acides et des bases évaluée par le coefficient *p*H, les colloïdes, l'énergie superficielle des solutions colloïdales, les protéines et les fermentations. Vient ensuite l'étude des peaux et de leur préparation au tannage.

Deux importants chapitres sont consacrés aux matières tannantes les plus variées, à leur extraction des produits naturels, aux recherches qualitatives les concernant et à leur dosage. Les auteurs étudient ensuite le tannage végétal et le tannage minéral, portant principalement leur attention sur le tannage synthétique, le tannage à l'alun, au chrome, les considérations théoriques étant toujours accompagnées des données pratiques indispensables choisies avec le plus grand esprit critique. Dans les chapitres suivants, ils envisagent la nourriture des cuirs et le tannage à l'huile, les principaux autres modes de tannage qui ont été préconisés et enfin la teinture des cuirs.

Comme on le voit, le présent volume est uniquement consacré à l'étude théorique et raisonnée des opérations qui interviennent dans la fabrication des diverses variétés de cuirs et à l'examen analytique des matières premières et des produits fabriqués. Il sera suivi d'un second volume qui concernera la fabrication proprement dite et le commerce des peaux et des cuirs. Nous sommes certain d'être l'interprète de tous ceux qui s'intéressent à l'industrie du tannage encore si florissante en France, en souhaitant que la publication de ce second volume puisse se faire prochainement. L'ensemble constituera le plus complet et le plus solide traité de tannage publié jusqu'ici, caractérisé tout à la fois par le souci rigoureux de la documentation, par l'élégance de la forme et la clarté de l'exposition. A. Boutaric.

6° Divers.

Smet (R.). — **Le Nouvel Argot de l'X.** Préface de Michel Corday. — 1 *vol. in*-8° *de* XIV-306 *pages, nombreuses illustrations. Gauthier-Villars, Paris*, 1936. (*Prix, broché : 40 fr.*).

Quelqu'opinion qu'on professe sur l'Ecole Polytechnique, il semble que ce qui la concerne ait généralement le privilège de susciter un sentiment autre que l'indifférence. C'est pourquoi nous présentons cet ouvrage consacré en fait à la vie des Elèves à l'intérieur de l'Ecole. Si, au premier abord, le sujet en paraissait futile au lecteur, peu accoutumé à en rencontrer de semblables dans ces colonnes, pourrions-nous trouver meilleure référence que celle de la savante maison d'édition dont le nom se lit sur la couverture?

Le titre du livre s'entend par allusion à « *L'Argot de l'X* » paru il y a plus d'un demi-siècle et qui n'est évidemment plus à jour. Mais si la langue a évolué, elle conserve néanmoins un grand nombre de termes anciens et l'esprit qui l'anime est toujours le même; elle adopte, comme on sait, en proportion appréciable, les noms propres de ceux qui, dans le cadre militaire ou le corps enseignant, se sont attirés, à quelque titre, la sympathie, la reconnaissance, parfois l'animosité des Elèves; c'est pour eux une façon, qui en vaut une autre, de passer à la postérité.

Dans un ouvrage qui est charmant, R. Smet a su allier la fantaisie la plus agréable au respect de traditions sacrées pour tous les polytechniciens; il y a fait une large part à la musique et à la poésie, sœurs des mathématiques.

Quand nous aurons signalé l'art de l'auteur à procéder par allusions ou périphrases dans les quelques cas où le sujet requiert une certaine discrétion dans l'expression, il ne nous restera plus qu'à recommander très vivement un livre qui, sous une forme spirituelle et anecdotique, apporte, sur la formation de l'une des élites intellectuelles de notre pays, un témoignage qui mérite de retenir toute l'attention.

Ph. Tongas.

*
**

De Talhouet (J.). — **Le Paradoxe du progrès ou les deux progrès.** — Presses Universitaires de France. — 75 *pages, Paris*, 1936. (*Prix : 10 fr.*).

Dans la notion du progrès, l'auteur découvre les mêmes antinomies irréductibles que l'on peut reconnaître dans chacune des notions générales. L'antinomie entre la tendance au développement et celle de l'adaptation, le perfectionnement actuel qui arrête le perfectionnement virtuel, le contraste entre l'individuel et le collectif, sont peut-être des variations de l'antinomie entre sujet et objet. La question si le schème du progrès est tel qu'un mouvement en ligne droite, une chute, une oscillation transcendante, un cycle s'élargissant, cette question est posée, mais non résolue. Ne faudrait-il pas songer à tous ces schèmes, tour à tour et à la fois?

G. A.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

Séance du 6 septembre 1937.

1° Sciences mathématiques. — M. **Arnaud Denjoy** : Sur les singularités de la fonction analytique définie par un élément de Weierstrass. — M. **Marcel Brelot** : Sur les meilleures et plus petites majorantes harmoniques des fonctions sous-harmoniques.

2° Sciences physiques et chimiques. — Mme **Nathalie Demassieux** et M. **Basile Federoff** : Sur la déshydratation du sulfate double de cuivre et de potassium. — MM. **Tryphon Karantassis** et **Constantin Vassiliadès** : Sur la préparation des diiodures de stannoalcoyles et leur action sur les amines aromatiques. — MM. **André Meyer** et **Henri Drutel** : Sur la condensation des 2,6-diméthyl et 2 : 8-diméthyl 4-hydroxyquinoléines et de leurs dérivés avec les aldéhydes aromatiques. — M. **Henri Hubert** : Sur les grains orageux dans l'Afrique de l'Ouest. — M. **Roger Gautheret** : Sur quelques propriétés des cellules de coiffe de *Lupinus albus*. — M. **Gaston Ramon** : L'utilisation des anatoxines dans le traitement des toxi-infections en évolution. La séro-anatoxithérapie.

Séance du 13 septembre 1937.

1° Sciences mathématiques. — M. **J. G. Van der Corput** : Sur le théorème de Goldbach-Vinogradow. — MM. **Octav Oricescu** et **Gh. Mihoc** : L'allure asymptotique de la somme des variables d'une chaine de Markoff discontinue.

2° Sciences physiques et chimiques. — M. **Gabriel Bertrand** : Présence et répartition du bore dans les sels potassiques d'Alsace. — M. **Paul Pétry** : Sur l'interprétation des observations et mesures relatives aux lames déferlantes. — M. **Pierre-Ernest Mercier** : Paramètres et courbes caractéristiques des carénages à circulation. — M. **Jean Hély** : Sur l'onde gravifique induite par une onde électromagnétique dans un milieu réfringent. — M. **Jean Cayrel** : Mesures d'absorption de lames minces de sulfure de cuivre. Application à la comparaison de leurs épaisseurs. — M. **Hubert Garrigue** : Nouveaux résultats sur les radiations verte, jaune et rouge émises par le ciel nocturne.

3° Sciences naturelles. — M. **Albert F. Blakeslee** : Dédoublement du nombre de chromosomes chez les

plantes par traitement chimique. — M. **Roger Lambert** : A propos du Miocène de Boutoutou, Colonie du Niger. — M. **Antoine de Cugnac** : Sur un nouvel hybride de Bromes obtenu expérimentalement. Incertitude de la détermination systématique des hybrides spontanés. — M. **Marcel Avel** : Etude expérimentale du rôle joué, dans la régénération de la tête chez les Lombrics, par les parties anciennes immédiatement voisines de la surface d'amputation.

Séance du 20 septembre 1937.

1° Sciences mathématiques. — M. **Emile Borel** : Sur la distribution régulière des points d'un ensemble énumérable linéaire. — M. **Antoine Appert** : Sur la mesure presque isométrique. — M. **Georges Galugaréano** : Sur les invariants de prolongement attachés aux fonctions entières. — MM. **Charles Schmerber, Pierre Tardi et Paul Caillol** : Sur une méthode de mesure des angles par répétitions fractionnées.

2° Sciences physiques et chimiques. — M. **Maurice Fallot** : Propriétés magnétiques des alliages du fer avec l'iridium. — Mlle **Yvette Cauchois** : Etude de satellites L α pour quelques éléments lourds et terres rares.

3° Sciences naturelles. — M. **Louis Lapicque** : L'isochronisme neuro-musculaire comme fait empirique. — M. **Georges Charpy** : Sur le dosage du silicium dans les aciers. — M. **Pierre Nobécourt** : Cultures en série de tissus végétaux sur milieu artificiel. — M. **Marcel Avel** : Etude de quelques cas complexes de régénération de la tête chez les Lombrics. — MM. **Ch. Brioux** et **Edg. Jouis** : Le diacétyle dans les beurres normands.

Séance du 27 septembre 1937.

1° Sciences mathématiques. — M. **Paul Lévy** : Nouvelle contribution à l'arithmétique des produits de lois de Poisson. — M. **Rodolphe-Henri Germay** : Sur l'existence des fonctions associées aux solutions des systèmes complètement intégrables d'équations aux différentielles totales à coefficients linéaires.

2° Sciences physiques et chimiques. — M. **Santiago Antunez de Mayolo** : La composition de l'électron et l'énergie de fixation. — MM. **Pierre Dupin** et **Louis Sacré** : Sur la mesure à distance de l'état électrique de la surface des corps isolants. — Mlle **Suzanne Veil** : Sur la présence d'iode dissous dans l'iodure de potassium aqueux et les propriétés électriques du milieu. — MM. **Henri Moureu, Michel Magat et Georges Wetroff** : Sur la structure stéréochimique du pentachlorure de phosphore.

3° Sciences naturelles. — M. **Louis Lapicque** : L'isochronisme comme condition de la transmission intercellulaire de l'excitation.

Séance du 4 Octobre 1937.

M. le Président annonce à l'Académie le décès de M. **J.-B. Senderens**, Correspondant pour la Section de Chimie

1° Sciences mathématiques. — M. **A. D. Michal** : *Géométrie conforme générale.* — M. et Mme **L. d'Azambuja** : *Images monochromatiques du Soleil obtenues au spectrohéliographe avec la raie infrarouge de l'hélium* λ 10.830, *la raie violette* H_ε *de l'hydrogène et les raies infrarouges du même élément* λ 10.938 *et* λ 10 049.

2° Sciences physiques. — M. **A. Nicolau** : *Etude thermomagnétique de deux solutions paramagnétiques.* Les deux solutions de sulfate de nickel et de sulfate ferreux ammoniacal suivent la loi de Weiss : $\chi\,(T-\theta) = C$ avec une précision de quelques millièmes. Le moment magnétique μ_W en magnétons de Weiss est de 16,6 et 25,5 pour les ions Ni^{++} et Fe^{++} dans les deux solutions, et la température θ du point de Curie est respectivement de — 21°, 2 et de — 20°, 6. — M. **M. Fallot** : *Propriétés magnétiques des alliages de fer avec le rhodium.* De 0 à 6,5 % de Rh, ces alliages sont réversibles au voisinage de leurs points de Curie ; ceux-ci diminuent légèrement (2° C. par atome de Rh introduit pour cent). Les transformations irréversibles $\alpha \rightleftarrows \gamma$ se produisent à des températures qui, tout en restant supérieures aux points de Curie, diminuent lorsque le titre augmente. Après avoir passé par un minimum, la température de la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$ s'élève rapidement, tandis que la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$ se produit à une température légèrement croissante avec le titre. Au delà de 28 %, les alliages sont de nouveau réversibles au voisinage de leurs points de Curie. — MM. **G. Bosschieter** et **J. Errera** : *La glace, l'eau liquide et en solution dans le dioxane étudiées dans l'infrarouge proche.* L'eau liquide présente entre 3.700 et 2.900 $cm.^{-1}$ une bande avec un maximum à 3.400 $cm.^{-1}$ et une inflexion vers 3 250 $cm.^{-1}$; il n'y a pas de maximum de transmission intermédiaire. La courbe de la glace a une allure analogue avec un maximum à 3.250 $cm.^{-1}$ et deux inflexions dans les régions de 3 350 et 3.150 $cm.^{-1}$. — MM. **Ch. Dufraisse** et **J. Le Bras** : *Les corps combustibles, envisagés comme adjuvants des extincteurs incombustibles, pour l'extinction pratique des flammes.* Contrairement à une opinion répandue, l'incombustibilité absolue n'est pas nécessairement une supériorité pour les extincteurs ; seront souvent plus efficaces les corps ou les mélanges partiellement combustibles, pourvu qu'ils soient rebelles à former une flamme propre. — M. **P. Chovin** : *Recherches sur le colorant de Pechmann. Produits résultant de l'action des alcalis. Mécanisme de leur formation.*

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Ed., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 10-37.